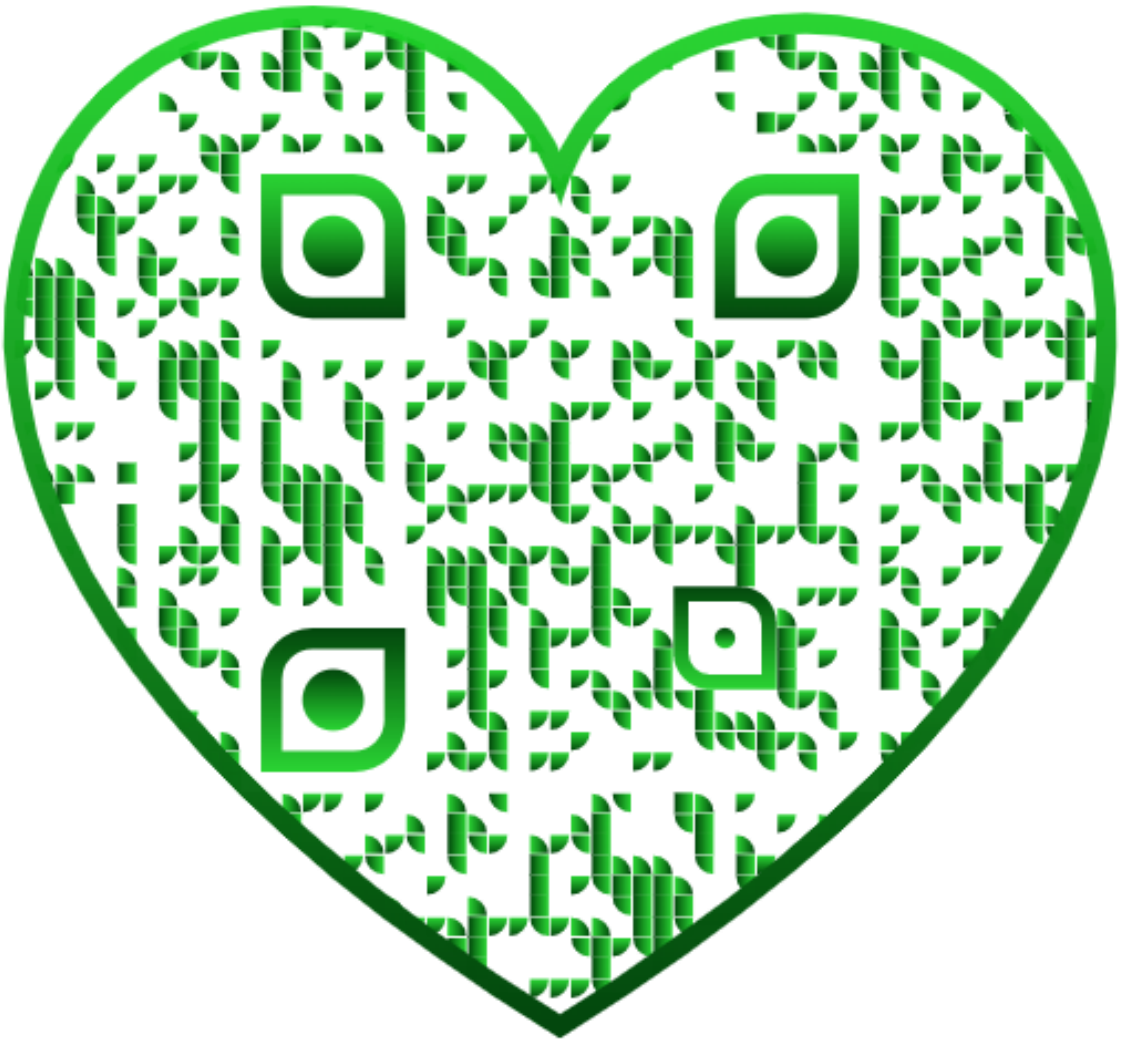
Ce document est issu de la page web:
www.lamaisonpassive.fr/spip/spip.php?article22

Il a été réalisé sans relecture afin d'en faciliter la diffusion et peu donc comporter des coquilles, des erreurs, voir pire encore...

Pour toutes questions sur la maison passive rendez vous sur www.lamaisonpassive.fr

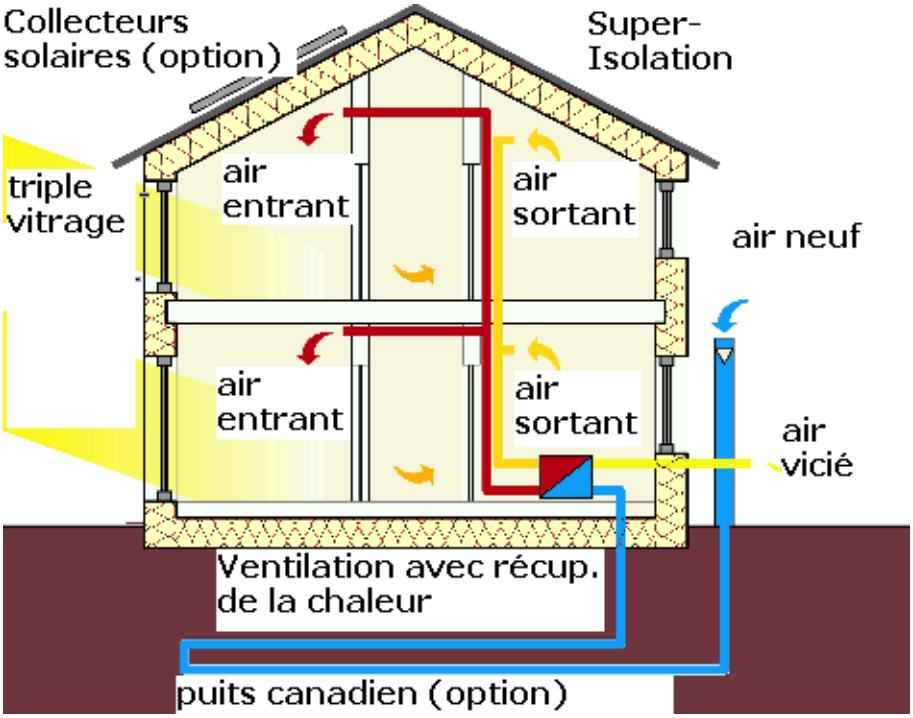
SHOUT
SHARE
IT



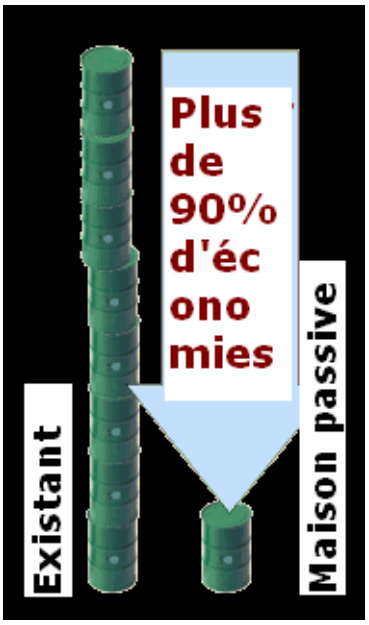
Zu den Seiten der Passivhaustagung

Une maison passive, c'est quoi ?

Passivhaus Institut



Une maison passive consomme 90% d'énergie de moins qu'une construction existante. Et même 75% de moins qu'une maison nouvellement construite. La consommation d'énergie d'une maison passive -correspond à 1,5 l par m2 et par an d'équivalent pétrole-, est encore nettement plus faible qu'une maison basse énergie. Et pourtant le confort est nettement supérieur ! La maison passive utilise au mieux toutes les sources de chaleur disponibles, comme la chaleur corporelle ou celle apportée par le soleil, ce qui réduit le chauffage à sa plus simple expression. C'est particulièrement les fenêtres et l'enveloppe composée d'une isolation extrêmement efficace dans les murs extérieurs, les toits et les sols qui permettent de garder la chaleur à l'intérieur. L'air frais sans courant d'air est fourni par une ventilation mécanique contrôlée qui récupère la chaleur de l'air sortant pour réchauffer l'air entrant



La maison passive est vraiment efficace énergétiquement, confortable, rentable et écologique
La maison passive n'est pas une marque de commerce, mais un concept de construction, qui est ouvert à tous.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist Grafiques: proKlima Hannover © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr.)

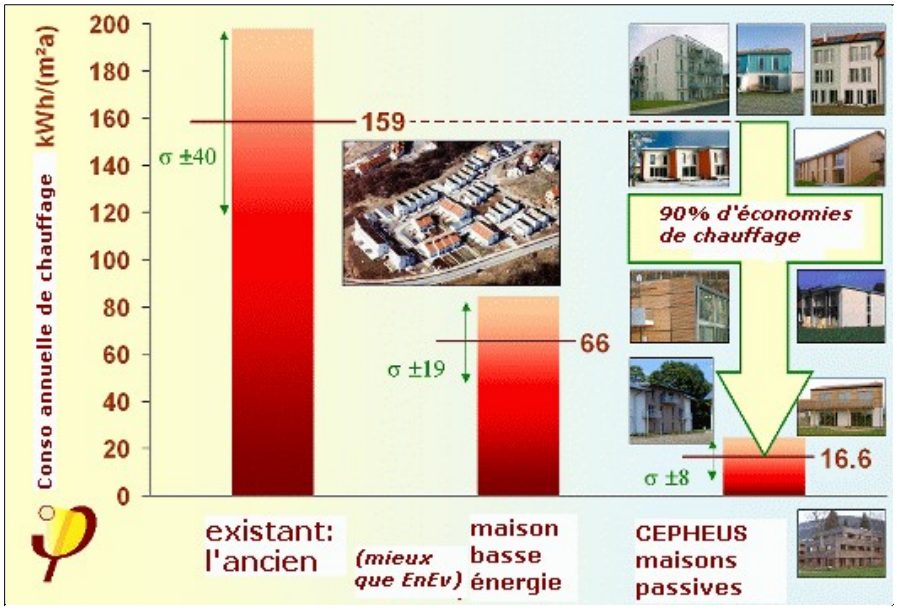
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Quelques informations sur la maison passive

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

Want to have an english information?
Try these pages.

La maison passive est vraiment efficace énergétiquement, confortable, rentable et écologique
La maison passive n'est pas une marque de commerce, mais un concept de construction, qui est ouvert à tous.



Les maisons passives économisent l'énergie. Et pas un peu. Et elles ne l'économise pas simplement sur le papier, mais aussi dans la pratique. Le graphique ci-dessus montre les valeurs rélévées sur des bâtiments déjà construits, des bâtiments à faible énergie et des maisons passives.

Dans le 114 maisons passives du projet CEPHEUS (tout à droite) on a relevé une économie de 90%. *La maison passive est une maison correspondant au fameux "facteur 10". Seulement un dixième de l'énergie nécessaire dans une construction standard n'y est nécessaire*

Grâce à la cohérence du concept, on arrive à créer une nouvelle qualité de vie, qui se ressent à travers le confort, la salubrité du bâtiment ainsi que des coûts de construction raisonnables.

Le concept de maison passive est libre d'accès. Chaque architecte compétent peut réaliser une maison passive. Pas à pas, le standard de maison passive peut être atteint dans chaque construction nouvelle. (voir la page correspondante)

Est-ce que la construction passive est rentable ? Un exemple de calcul est fourni dans les pages qui viennent.

Même lors de rénovations, les composants de la maison passive peuvent être utilisés avec succès.

Pourquoi construire des maisons passives ? Et pas des maisons à énergie nulle ? Dans un rapport de 1997 (avec les ajouts nécessaires au recul que l'on en a aujourd'hui) la question est discutée.

Maison passive: le confort par l'efficacité

La maison passive est le concept phare en terme de construction économisant l'énergie. Les économies d'énergie de chauffage sont de 80% en comparaison du neuf construit selon la réglementation en vigueur. Le besoin en énergie de chauffage qui est inférieur à 15 kWh/(m^2a), donne des coûts de chauffage de 10 à 25 € par mois - Les maisons passives sont indifférentes à la montée du prix de l'énergie.

Les maisons passives atteignent des économies d'énergie aussi énormes grâce à des composants particulièrement efficaces et grâce à une ventilation intelligente. Mais ce n'est pas sur le confort que l'on économise. Au contraire ! Il est même considérablement augmenté.

La maison passive, c'est plus qu'une maison-qui-économise-l'énergie. C'est un concept global pour construire des maisons de qualité, saines, et durables. Tout le monde peut comprendre le concept facilement:

1. Les constructions neuves sont à ce point étanches à l'air que le renouvellement de l'air ne peut se faire uniquement grâce aux fissures et aux jointures. Alors que la ventilation si prisée en "ouvrant les fenêtres" n'apporte elle-même aucun résultat satisfaisant. L'air frais n'est pas seulement une question de confort, mais une nécessité pour une vie saine. C'est pourquoi la ventilation

de l'habitation est la technique clé pour TOUTES les constructions nouvelles et les rénovations de l'avenir.

2. Bien sûr qu'une ventilation mécanique coûte à l'achat. Maintenant si elles sont construites de manière efficaces, elles économisent énormément d'argent. Les systèmes de ventilation avec la qualité "maison passive" sont tout à fait rentables.
3. Maintenant arrive le "truc" déterminant du concept de maison passive de toute façon de l'air dans chaque pièce. Si cet air est aussi utilisé pour chauffer - sans grandes quantités d'air, sans circulation d'air, sans bruit et sans "courants d'air" - alors la ventilation mécanique est directement deux fois plus rentable.
4. L'idée de "chauffer l'air frais entrant" n'est possible que dans un bâtiment particulièrement bien isolé, comme une maison passive. Pour les experts: Il est nécessaire que le besoin en chauffage soit inférieur à 10 W/m² (m^2 habitable) si l'on veut utiliser le flux de ventilation pour chauffer le bâtiment.

Maison passive - cela signifie une excellence en terme de:

- Isolation
- construction sans pont thermique
- L'étanchéité à l'air
- La ventilation en récupérant la chaleur
- Les fenêtres et
- Une technique innovante

De manière à ce que tout cela fonctionne harmonieusement, il est conseillé de réaliser un bilan énergétique du bâtiment. Pour cela il y a le PHPP (logiciel de calcul énergétique basé sur un tableur).

Plusieurs milliers d'unités d'habitation dans des constructions passives sont déjà habitées. Des exemples sont présentés dans les groupes de travail de la passivehaustagung.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist Grafiques: proKlima Hannover © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Le bien-être dans la maison passive. Pourquoi une meilleure isolation apporte plus de confort

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

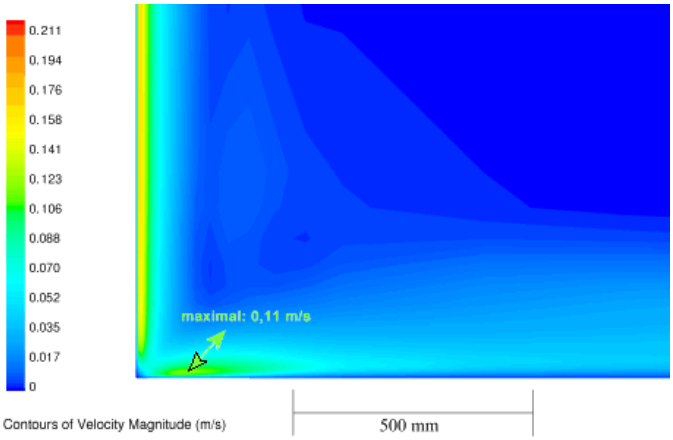


Image 1 La fenêtre de la maison passive, flux d'air: Le peu de différence de température entre la surface de la fenêtre et l'air dans la pièce rend très la vitesse de l'air le long de la fenêtre très faible. Au contact du plancher, le flux d'air est redirigé: à 10 cm de distance de la fenêtre "passive", la vitesse maximale de l'air est encore de 0,11 m/s. C'est si faible que cela n'est pas perceptible. Si l'isolation de la fenêtre n'est pas si bonne, la vitesse de l'air a un effet qui devient sensible pour les personnes dans la pièce. C'est pourquoi dans le cas des fenêtres "normales", il est conseillé de mettre un radiateur sous la fenêtre. (CFD-Simulation: J. Schnieders, PHI).

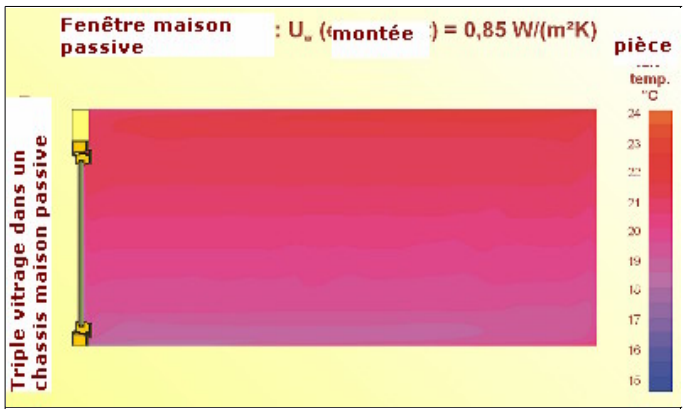


Image 2 La stratification de l'air: La stratification de la température de l'air dans le cas des fenêtres "passives" est de la même façon imperceptible. Le radiateur peut donc être placé sur un mur intérieur. Et pourtant le sentiment de bien-être est optimal, selon ASHRAE-Comfortclass "A". (Berechnung: J. Schnieders, PHI). Pour comparer avec une fenêtre "normale", nous en avons fait un petit film.

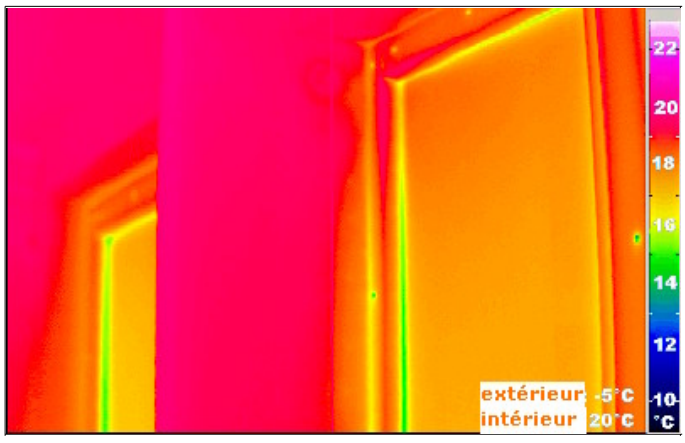


Image 3 La pratique, maison passive: Une photo

Le bien-être est déterminé par des sensations très subjectives, où jusqu'à la couleur de la pièce peut jouer un rôle. En tout cas certainement l'humeur de la personne qui manifeste ses sensations. Une part importante du confort dépend du "**bien-être thermique**". Cette partie a été largement explorée. Les résultats sont consignés dans une norme mondiale (DIN EN ISO 7730). Une large part des résultats auxquels nous avons accès aujourd'hui, nous les devons au scientifique danois P.O. Fanger.

Le bien-être thermique existe lorsque les rejets du corps humains sont équilibrés pas sa production de chaleur. De là la formule de Fanger. Elle propose une relation entre l'activité (par ex. dormir, courir,...), l'habillement et les valeurs déterminant l'environnement thermique, qui sont:

- la **température de l'air**
- la température des surfaces environnantes que l'on peut regrouper sous le terme de "**température de radiation**"
- la **vitesse de l'air** ainsi que ses turbulences et
- l'**hygrométrie**

Il existe toujours une zone de combinaison de ces paramètres ou le bien-être est réel, c'est la zone de confort. Elle peut être déterminée par la formule de Fanger (définie dans l'ISO 7730). De plus la norme insiste sur la nécessité de:

- ne pas dépasser la limite d'hygrométrie,
- respecter strictement le coefficient de vitesse de l'air. (pour des vitesses en dessous de 0,08 m/s le nombre des courants d'air est inférieur à 6%)
- ne tolérer qu'une faible différence entre la température de l'air et celle des radiants
- n'autoriser qu'une faible différence de température de radiations dans les différentes directions (moins de 5 °C; "Assymétrie de la radiation de température")
- ne pas accepter plus de 2°C de gradient entre la tête et les pieds d'une personne assise
- ne pas avoir de différence de température resentie de plus de 0,8°C d'une pièce à l'autre.

Concernant le dernier point, P.O. Fanger écrit: "Plus irrégulier est le champ thermique dans une pièce, plus grand est le nombre de personnes insatisfaites".

Qu'est ce que ca a à voir avec la maison passive ?

Ce qui est surprenant, c'est que les caractéristiques du standard de la maison passive poussent automatiquement à respecter d'une façon optimale les critères de bien-être. Une meilleure isolation thermique améliore d'autant le bien-être thermique. Et cela se comprend aisément:

infrarouge de l'intérieur d'une fenêtre "passive". Toutes les surfaces sont agréablement chaudes (>17°C): le chassis, les vantaux et le vitrage lui-même. Même sur les bords deu vitrage, la température ne baisse en dessous de 15 °C ab (vert-clair Photo: PHI, dans la maison passive Kranichstein).

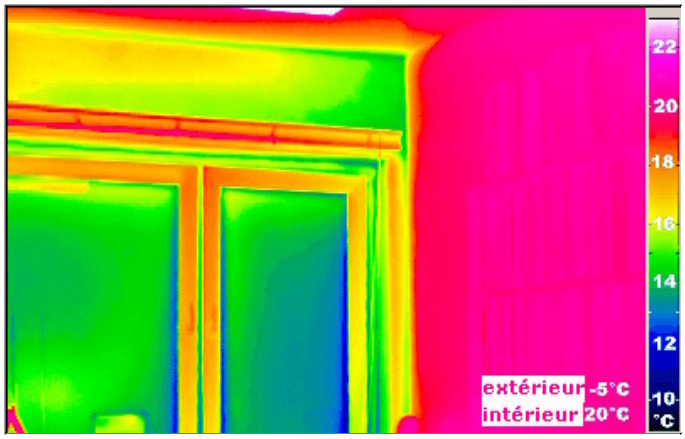


Image 4 La pratique, fenêtre à vitrage isolant: pour comparer avec une fenêtre plus conventionnelle: ici déjà au milieu de la surface, la température de surface est inférieure à 14°C. Mais le montage présente des ponts thermiques évidents, particulièrement sur les lintaux en béton. La conséquence ? Une dissymétrie des températures, des courants d'air et des zones d'air froid. (Photo IR: PHI dans les bureaux de l'institut)

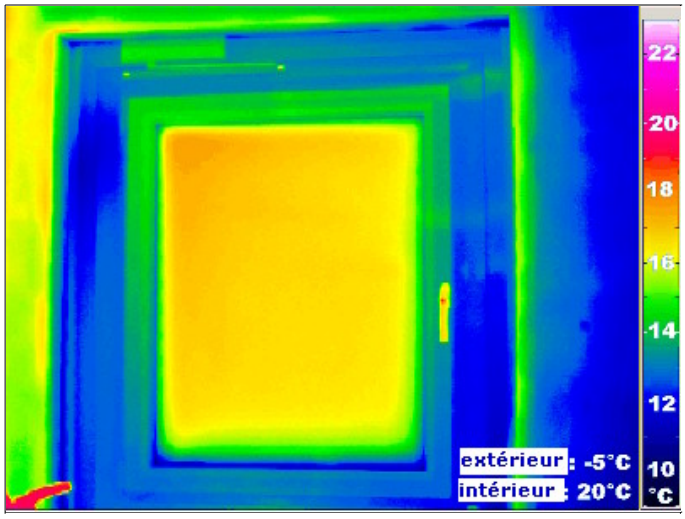


Abb. 5 Double vitrage: ici, sur une porte-fenêtre qui vient d'être montée, le vitrage a déjà une température de surface agréable (16 °C au centre). Ce qui est apparent, c'est la très mauvaise isolation du chassis "conventionnel" de la fenêtre. Les chassis "passifs" permettent une augmentation de qualité sensible. (Photo IR: PHI, dans le couloir de l'institut)

- Une meilleure isolation réduit le flux de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur.
- De là, le flux de chaleur de l'intérieur de la pièce vers la face intérieure du mur extérieur est lui-même plus faible. Le flux de chaleur dépasse la résistance de transfert thermique de la surface (radiation et convection).
- Le faible flux de chaleur cause une plus faible chute de température le long de cette résistance de transfert thermique, ce qui a comme conséquence, en d'autres termes:
- *La différence de température entre la pièce (les surfaces et l'air de la pièce) et les surfaces des murs mieux isolés, diminue.*

La conséquence pratique: pour les murs extérieurs très bien isolés, il y a *peu de différence de température entre leurs faces intérieures et celle de l'air ambient.* Aussi bien l'hiver que l'été. Quand il fait froid, la partie interne de l'enveloppe extérieure est agréablement chaude (murs extérieurs, toits, pas plus de 1°C en dessous de la température de la pièce. Les fenêtres, maximal 3 à 3,5°C en dessous[1]).

La "qualité - maison passive", en particulier pour les fenêtres, se définit d'ailleurs comme ca: l'isolation d'une fenêtre doit être suffisamment efficace pour que par les conditions les plus froides,

$\theta_{pièce} - \theta_{surface} < 3{,}5\ °C$

Ce faible gradient de température se répercute sur tous les critères de bien-être, et ceci de la manière suivante:

- Le déplacement de l'air dans la pièce est généré par son accélération au contact de toutes les surfaces chaudes. Les faibles différences de température rendent les "zones d'accélération" très réduites. Ce qui en conséquence réduit fortement le déplacement de l'air dans la pièce.
  L'image 1 dans la partie gauche montre un résultat de simulation obtenue avec un programme de CFD. Pas de courant d'air dans la partie de séjour, même lorsqu'il n'y a aucun radiateur sous la fenêtre.
- Les différences de température de radiation dans les différentes directions ne doivent pas être supérieure à 3,5°C si les si la température des surfaces n'est inférieur de plus de 3,5 à la température de la pièce. Les photos thermographiques de l'image 3 à l'image 5 montre la différence dans les qualités de fenêtres.
- La stratification de l'air entre la tête et les pieds d'une personne assise n'est pas supérieure à 2°C. Mais à la condition que la valeur U moyenne effective des parties extérieures soit inférieure à 0,85 W/(m2K). Image 2. dans la partie gauche.
- La température ressentie ne diffère pas de plus de 0,8 °C de pièce à pièce.

Tous les critères de confort sont respectés de manière optimale, sans qu'il y ait besoin de parties chauffantes pour compenser. Dans une pièce de maison passive, il y a automatiquement un climat de chaleur de radiation, indépendant de la manière dont la chaleur y est apportée. Plus encore: comme il n'y a pas de grosse différence de température, les déplacements d'air sont réduits.

Que ces caractéristiques des enveloppes de bâtiment très isolées se reflètent aussi dans la pratique, est confirmé par trois résultats de recherche indépendants:

1. Les thermographies ainsi que les mesures de température dans les maisons passives confirment expérimentalement les résultats présentés ici. [2]
2. Les mesures physiologiques de Bernhard Lipp objectivent la sensation de bien-être. [3]
3. Les questionnaires d'études sociales concernant un nombre représentatif d'habitant donnent de très bonnes notes aux bâtiments très isolés. [4]

Litérature:

[1] Pfluger, R.; Schnieders, J.; Kaufmann, B.; Feist, W.: **Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand** (Anhang zu Teilbericht A), Internet-Publikation

[2] Schnieders, J.; Betschart, W.; Feist, W.: **Raumluftströmungen im Passivhaus: Messung und Simulation** HLH 03-2002, Seite 61
Kurzfassung im Internet: Bewohnererfahrung

[3] Lipp, B. und Moser, M.: **Heizsysteme und Behaglichkeit: Ist Behaglichkeit physiologisch messbar?** in: AkkP Protokollband Nr. 25, Darmstadt, 2004
Kurzfassung im Internet: Behaglichkeit

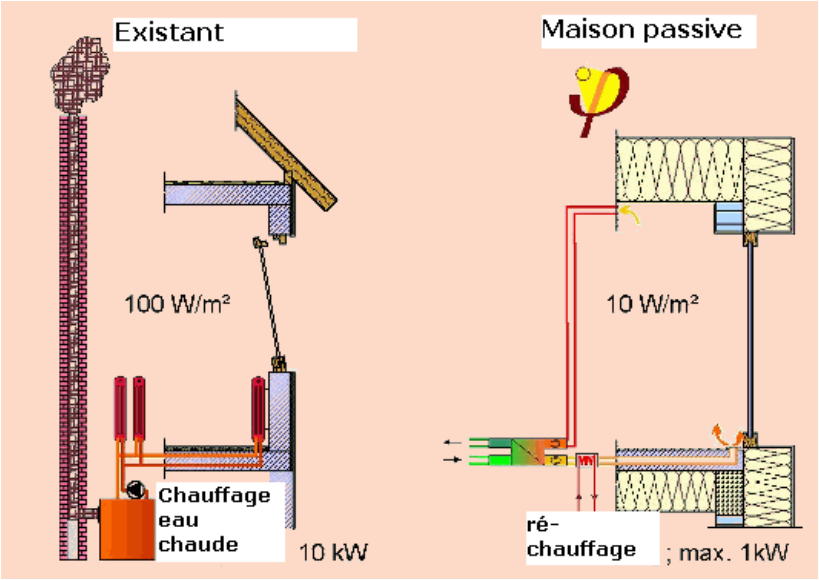
[4] Hermelink, Andreas: **Werden Wünsche wahr? Temperaturen in Passivhäusern für Mieter;** in: AkkP Protokollband Nr. 25, Darmstadt, 2004
Kurzfassung im Internet: Mieterbefragung

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist Grafiques: proKlima Hannover © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Maison Passive - La définition

aufbereitet vom Passivhaus Institut.



Le schéma présente le principe de base d'une maison passive: la ventilation apporte pour des raisons d'hygiène l'air neuf nécessaire dans la pièce. Ne peut-on aussi utiliser cet air pour se chauffer ? En principe, oui, mais l'apport énergétique ne peut alors qu'être très faible.

Ici, nous calculons les "conditions de la maison passive":

Selon DIN 1946 l'apport minimum d'air frais par personne doit être de 30 m³/h (condition d'hygiène). L'air a une capacité calorifique à pression normale et à 21°C de 0,33 Wh/(m³K). On ne peut réchauffer l'air au dessus de 50°C sinon la poussière s'aggrège. Il en suit:

30 m³/h/Pers · 0,33 Wh/(m³K) · (50 - 20) K = 300 W/Pers

Ainsi: 300 Watt par personne peut être apporté par le chauffage par l'air. Si l'on affecte par ex. 30 m² de surface habitable par personne, cela donne 10 W/m2 de surface habitable, et cela indifféremment du climat. Jusque là il s'agit d'unités de puissance, c.a.d. que les données correspondent au jour de plus forte demande. Selon la zone d'habitation, une maison passive doit donc être isolée d'une manière différente: davantage à Stockholm mehr, moins à Rome.

A partir de ces données de puissance (en W (Watt)), on en déduit l'énergie (travail, en kWh) à produire. Pour l'Europe Centrale, cela donne selon l'expérience et le calcul avec des programmes de simulation, les fameux 15 kWh/(m²a) pour le chauffage - mais cela est un calcul approximatif.
A Stockholm cela peut être 20, à Rome plutôt 10 kWh/(m²a).

Le chauffage ainsi que le besoin en chauffage peuvent être calculés de façon fiable au moyen d'un bilan énergétique du bâtiment. C'est pour cela que nous avons créé le programme "PHPP" et que nous le mettons à disposition.

La maison passive n'est pas un standard énergétique, mais un concept global pour un confort élevé - voici la définition précise:

"Une maison passive est un bâtiment dans lequel le bien-être thermique (ISO 7730) est réalisé uniquement par le réchauffement ou le refroidissement de l'air entrant, qui est nécessaire pour que la qualité de l'air soit respectée (DIN 1946), sans qu'une aération supplémentaire soit nécessaire"

Cette définition est uniquement fonctionnelle, et ne contient aucun aspect quantitatif, et est donc valable pour n'importe quel climat. La définition montre qu'il ne s'agit pas d'un standard arbitraire, mais d'un concept longuement réfléchi. La maison passive n'a donc pas été inventée - la maison passive a été plutôt découverte. La seule chose que l'on pourrait discuter est si le terme de "maison passive" est le plus adapté à ce concept. Seulement il n'en existe pas de meilleur. Car le bien-être thermique n'est jamais aussi élevé que lors de l'emploi de mesures passives (isolation, récupération de la chaleur, utilisation de la chaleur solaire passive et des sources de chaleur intérieures).

Davantage de clarté encore lorsque l'on y regarde de plus près:

1) Parce que dans les maisons étanches à l'air on a toujours besoin d'une ventilation (et toutes les maisons qui veulent économiser l'énergie doivent être étanches), cela signifie que la composate technique "ventilation" peut être utilisée pour le chauffage, sans autres canalisations ni autres trouées ou ventilateurs supplémentaires.

2) Cela permet de construire des bâtiments avec une haute récupération de la chaleur de l'air sortant de manière économique. Cela est d'habitude difficile parce qu'une ventilation coûte à peu près autant qu'une installation de chauffage - ce double investissement est quasi impossible à amortir. Dans l'un ou l'autre cas, il faut fortement baisser les coûts: soit sur la ventilation (par ex. en installant une VMC aspirante et cela donne une maison basse énergie avec un chauffage standard) soit sur le chauffage (dans la mesure ou on utilise la ventilation pour se chauffer -alors, on a une maison passive).

Les valeurs de consommation extrêmement basses en découlent automatiquement, car la disparition du chauffage et le réchauffement de l'air entrant ne peuvent fonctionner que si les pertes nettes de

chaleur sont très faibles. Cela implique que l'isolation de l'enveloppe doit être très bonne - surtout dans les régions au climat froid. Quel doit être le degré d'isolation ? Cela doit être calculé au préalable en effectuant un bilan énergétique.

Autor: Dr. Wolfgang Feist

actualisé le 16.09.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist Grafiques: proKlima Hannover © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr.

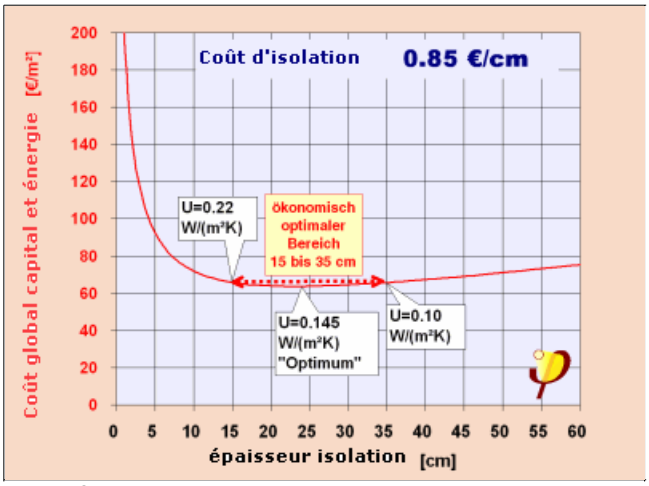
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Les composants de la maison passive sont efficaces aussi dans le cas des rénovations

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

Rapidement: c'est quoi une maison passive ?

Isolation "après coup" au niveau maison passive dans la pratique (Photo: *Schulze-Darup*). L'épaisseur de l'isolant est ici de 20 cm.



Quitte à isoler, autant le faire correctement - aussi en rénovation. Car si elle est correctement réalisée, la façade n'aura pas besoin d'être rénovée de sitôt. Une rénovation au standard maison passive est d'après les conditions actuelles et futures économiquement optimale. Une moindre isolation est aujourd'hui déjà mauvaise pour les cordons de la bourse. Demain ce sera encore pire.

La modernisation du parc immobilier est de loin la plus grande tâche de la branche du bâtiment. Même les acteurs en sont entre temps eux-mêmes convaincus. Qu'ils soient de la politique, des entreprises jusqu'aux artisans et à l'industrie du bâtiment. Et c'est exact. Il y a un vrai "bouchon" dans le domaine.

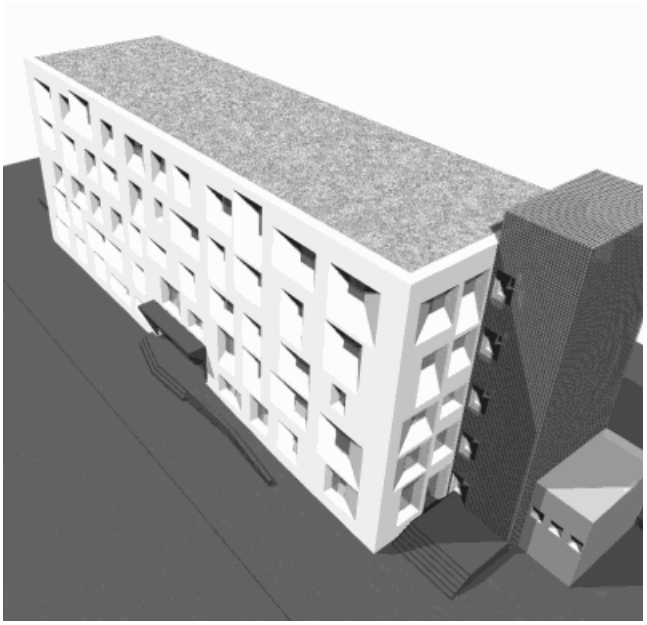
Là où il n'y a pas de consensus, c'est le niveau de qualité que doit atteindre la rénovation depuis longtemps nécessaire des façades, fenêtres et autres installations techniques. La plupart des propriétaires pensent encore qu'un petit rafraîchissement du crépi et un changement de la chaudière ultra vieille suffit. Même chez les spécialistes domine une tendance incompréhensible à l'autocensure concernant la qualité de la rénovation à un niveau qualitatif modestement moyen.

Pourtant il est clair depuis longtemps que la moyenne dans ce domaine est de loin la plus mauvaise des solutions: un bâtiment vraiment mal isolé sera un jour ou l'autre à cause de l'augmentation des prix de l'énergie, correctement rénové - et même une vieille chaudière avec des pertes disproportionnées, justifie le changement. En revanche pour un standard moyen à cause des coûts d'investissement importants, cela ne se justifiera pas même à l'avenir. C'est pourquoi il est si important de ne pas manquer l'occasion et de **rénover d'une manière optimale pour l'avenir**.

- *Eberhard Jochem* a déjà au cours des 9èmes journées de la maison passive montré pourquoi les propriétaires ont intérêt à calculer correctement les économies de leurs rénovations. Les investissements dans l'efficacité énergétique sont aujourd'hui déjà attrayants. Notamment grâce aux crédits d'impôts et autres mesures de crédit .
- La devise en construction neuve ou en rénovation doit être "si on le fait, autant le faire bien". Les enveloppes des bâtiments sont des biens immobiliers à la vie longue. Une rénovation médiocre va gâcher la vie de son propriétaire pendant des années. Aujourd'hui déjà il y a de nombreux propriétaires qui se plaignent que ce soit dans la construction neuve ou la rénovation d'avoir investi beaucoup d'argent pour n'obtenir qu'une médiocre efficacité énergétique.
- *Mark Zimmermann* (EMPA, Dübendorf, Suisse), a montré au cours des 10ème journées de la maison passive qu'un développement durable est impossible à atteindre si la construction neuve n'a pas au moins comme standard celui de la maison passive. Et même le niveau maison passive n'est pas suffisant. Il n'offre juste qu'une bonne base. Cela vaut aussi pour les composants correspondants dans l'ancien.
- *Burkhard Schulze Darup* a accompagné la rénovation de nombreux bâtiment selon l'objectif

La substance du bâti reste inchangée. Le bâtiment devient maison passive - *Ludwig Rongen* expliqua au cours des 10ème rencontres de la maison passive son souhait: que l'architecture ne fasse pas des économies de bouts de chandelle. Cela sera l'un des thèmes majeurs des 11ème journées de la maison passive.

Une vieille maison toute neuve - la rénovation complète d'une maison mitoyenne avec une isolation par le vide avec pour objectif le "facteur 10"par *Florian Lichtblau*. L'isolation par le vide était un thème central des 10ème journées de la maison passive.



Comment transformer un bâtiment fonctionnel mais sans grâce en siège représentatif pour le conseil de l'énergie du Südtirol ? *Michael Tribus* a transformé ce bâtiment à Bolzano en maison passive.

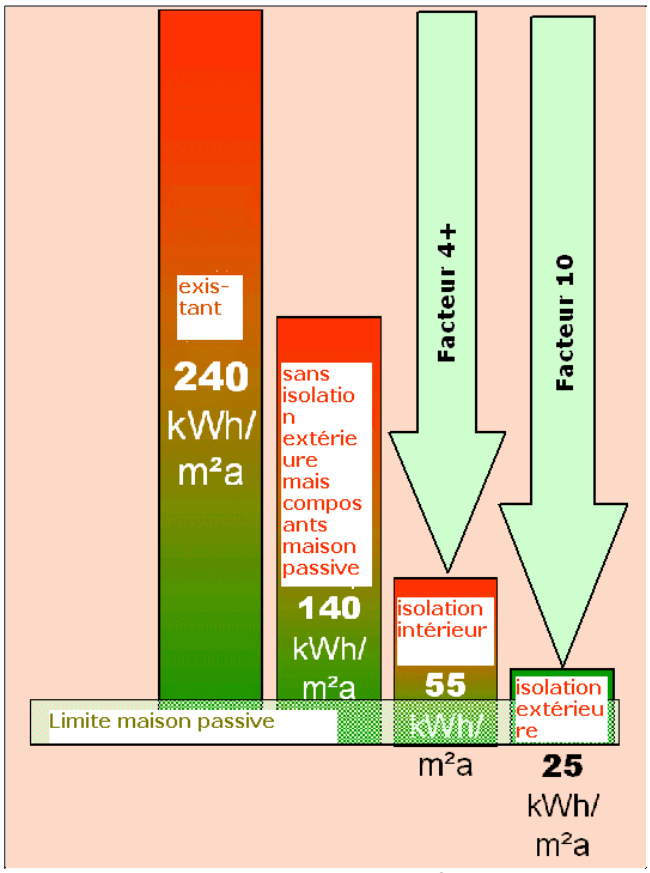
"facteur 10" et accumulé de nombreuses expériences concernant la rentabilité et la stratégie à suivre pour de futurs projets.

Les personnes citées précédemment sont membres du conseil des 11ème journées de la maison passive. Les groupes de travail vont se consacrer au thème de la rénovation de l'ancien.

Les étapes essentielles d'économie d'énergie même dans l'ancien sont les suivantes:

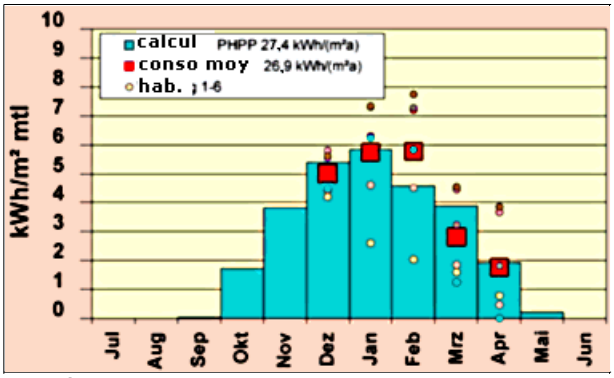
- très bonne isolation
- réduire d'une manière importante les ponts thermiques
- atteindre une bonne étanchéité à l'air
- ventilation avec récupération de chaleur
- les fenêtres et
- un électroménager innovant

Ce sont justement les mesures qui se sont révélées efficaces dans la construction neuve. Grâce au développement des composants particulièrement économes en énergie pour la construction neuve selon la norme maison passive, ces composants sont maintenant disponibles aussi pour l'installation dans l'ancien - et ils peuvent y réaliser des économies d'énergie de 75% jusqu'à plus de 90%.



Aussi importants sont les potentiels d'économies d'énergie grâce à l'emploi des composants maison passive: *tout à gauche* un bâti ancien avec une consomamtion de chauffage de 240 kWh/(m²a). *Tout à droite*: la rénovation conséquente avec des composants maison passive bBei konsequenter Sanierung aisse la consommation d'environ un dixième (de là le "facteur 10"); cela a été vérifié dans de nombreux projets (voir les images sur la partie gauche de la page). Même si seulement une isolation intérieure est possible, mais

Les résultats d'analyse d'une des premières rénovations avec des composants "maison passive" (Nuremberg, Jean-Paul-Platz, ici la vue de la façade modernisée; Projet de *Burkhard Schulze-Darup.)*



Les résultats des mesures de consommations du bâtiment de Nuremberg/ place Jean Paul: le bilan énergétique selon le logiciel PHPP (colonnes) permet un prognostic fiable des économies, même pour les rénovations. Les mesures (carrés rouges) le montrent: ça fonctionne aussi pour les rénovations. Les dépenses ont presque été réduites d'un facteur 10. (26,9 kWh/(m²a) à comparer aux (200 kWh/(m²a)) originels.

Un petit immeuble des années 60 tranformé en maison passive. *André Zaman* de la GAG Ludwigshafen a présenté ses expériences au cours des 10èmes journées de la maison passive. Le chantier a été une étape de la visite lors des 9ème journées de la maison passive. En 2006 la rénovation a été terminée. Dans ce projet toutes les dépenses énergétiques ont été systématiquement mesurées. Les premiers résultats sont prévus pour 2007.

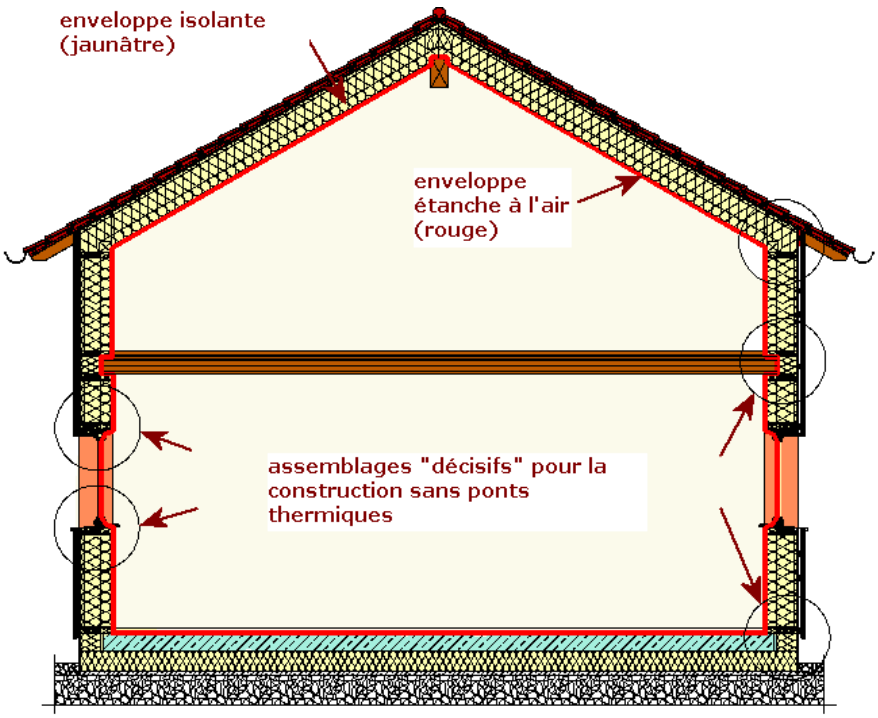
que des composants maison passive sont utilisés, on peut baisser la consommation de 75%. De quoi cela dépend-il ?: A chaque fois que l'on en a la possibilité, utiliser les meilleurs composants - ceux d'aujourd'hui ne seront sans doute demain que de médiocre qualité

(actualisé le 16.09.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr.)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Isolation thermique

aufbereitet vom Passivhaus Institut.


enveloppe isolante (jaunâtre)
enveloppe étanche à l'air (rouge)
assemblages "décisifs" pour la construction sans ponts thermiques

Le principe le plus important de la maison passive: autour du bâtiment, **une enveloppe fortement isolée thermiquement et sans discontinuité** réduit les pertes de chaleur comme un manteau chaud. Comme la plupart des matériaux isolants ne sont pas étanche à l'air, il doit y avoir une enveloppe imperméable à l'air. C'est la ligne rouge qui est dessinée ici. La suppression des ponts thermiques est extrêment importante, pour lesquels une méthode de planification particulière a été developpée (voir "Construire sans ponts thermiques").

C'est vraiment l'isolation thermique qui est importante et non pas l'accumulation de la chaleur. Pourquoi une très bonne isolation thermique a toujours fait ses preuves, vous l'apprendrez dans la page "Isoler ou garder la chaleur ?". Les pertes de chaleur à travers les murs extérieurs et les toits sont responsables de plus de 70% des pertes de chaleur dans les constructions actuelles. C'est pourquoi l'amélioration de l'isolation thermique est la mesure la plus importante pour économiser l'énergie. Elle conduit à un meilleur confort et une protection améliorée du bâtiment. (voir "Le niveau d'isolation"). Une amélioration de l'isolation est aujourd'hui encouragée par les aides et les crédits. Mais ce n'est pas la seule raison qui la rend economiquement rentable (voir "La rentabilité de l'isolation").

Dans les maisons passives, l'enveloppe du bâtiment est thermiquement fortement isolée. L'enveloppe du bâtiment, ce sont les éléments de construction qui séparent l'espace intérieur de l'extérieur. A l'intérieur doit régner un climat agréable. Dehors, c'est la météo qui s'en charge.

Parce qu'en Europe les conditions météo font que d'octobre à avril (ne quitte pas un fil) le temps soit plutôt frais et pluvieux, la température intérieure sera plus élevée qu'à l'extérieur. Et la chaleur s'en va à travers l'enveloppe. Que la chaleur qui s'en va ne soit pas remplacée et il fera assez vite à l'intérieur aussi froid que dehors. Il est donc judicieux de réduire ce flux de chaleur. C'est exactement ça le rôle de l'isolation thermique.

Tous les types de construction permettent une excellente isolation thermique et cela a déjà été fait: construction massive, construction en bois, préfabriqué, construction par éléments de coffrage, construction métallique et toutes les formes de construction mixtes.

Une très bonne isolation thermique est aussi possible à postériori dans les bâtiments existants. L'expérience nous a montré dans la construction neuve peu gourmande en énergie qu'un principe important est: "quitte à le faire, autant le faire bien". Pour l'isolation thermique, ne pas faire des économies de bouts de chandelle sur l'épaisseur de l'isolation (voir "Ne pas économiser sur l'épaisseur"). Les maisons passives prennent cela très au sérieux, car l'isolation thermique est la façon la plus économique d'économiser l'énergie.

Le niveau d'isolation thermique des maisons passives

Le coefficient d'isolation thermique des murs extérieurs, des planchers et des toitures est compris entre 0,1 et 0,15 W/(m2K) (climat européen central. D'autres climats sont envisagés lors des conférences) . Ce sont aujourd'hui des valeurs de pointe dans tous les types de construction, mais en même temps, au prix actuel de l'énergie, c'est tout à fait économiquement rentable.

Du coup, les pertes de chaleur l'hiver en deviennent négligeables. De plus, la température des surfaces intérieures est la même que celle de l'air, et cela quel que soit le type de chauffage utilisé. Cela apporte une qualité de confort inégalée et élimine le risque que l'humidité fait courir aux éléments du bâti.

Mais l'été aussi une bonne isolation thermique est une protection contre la chaleur. Pour améliorer le confort, il est important que les fenêtres soient protégées par un pare-soleil et que la ventilation soit suffisante.

Dans les maisons passives, la grande isolation thermique et la construction étanche à l'air ont fait leurs preuves d'une manière éclatante. Un principe de base supplémentaire est la construction sans ponts thermiques: l'isolation recouvre sans faille l'ensemble du bâti. Cela enlève tout coin froid ou propice aux pertes de chaleur. Ceci aussi concourt à la construction de qualité, confortable et sans dommage.

11ème rencontres internationales de la maison passive:

Les expériences d'isolation thermique, d'étanchéité à l'air ainsiqu'avec de nouveaux procédés d'isolation seront rapportés dans le groupe de travail "Nouveautés de la recherche développement". Que l'isolation soit aussi dans le cas de la rénovation de bâtiments existants une manière efficace d'économiser l'énergie, d'augmenter le confort et d'assurer la préservation du bâti, cela sera présenté dans le groupe de travail consacré à la rénovation avec des composants de la maison passive.

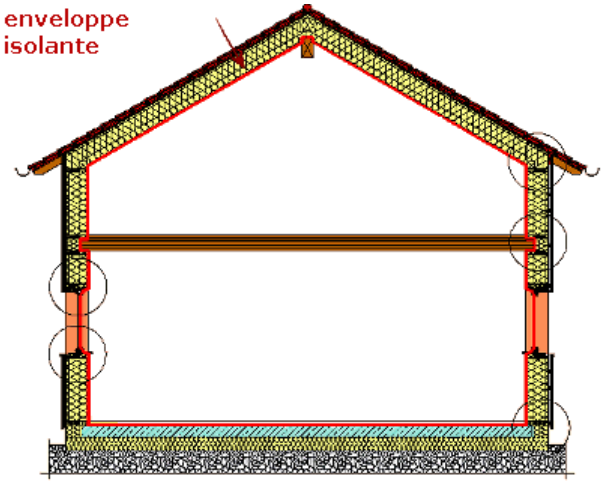
Des produits innovants en matière d'isolation thermique seront présentés sur les stands de l'exposition attenante aux journées. Souvent avec des modèles grandeur nature.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr.)

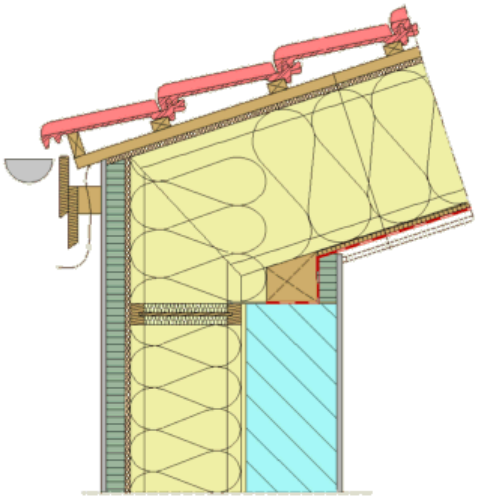
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

L'isolation thermique des maisons passives

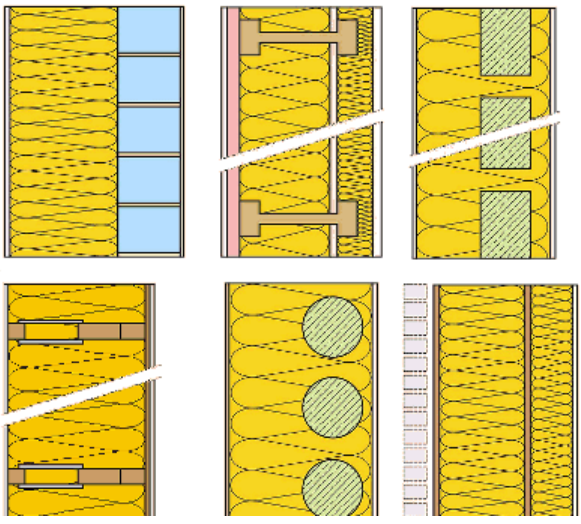
aufbereitet vom Passivhaus Institut.



Les maisons passives sont des réalisations exemplaires d'isolation thermique réussie et efficace. Ce sont des maisons "chaudement habillées".



Exemple d'un détail de gouttière particulièrement bien isolé avec un raccordement sans pont thermique (Projet CEPHEUS Horn/Autriche, architecte Treberspurg / Vienne).



La bonne isolation thermique est une fonction clé de la maison passive. Les pertes thermiques à travers les éléments qui ne laissent pas passer la lumière (aussi appelés éléments "opaques") doivent être très faibles. C'est à cette condition que le flux de chaleur même le jour le plus froid reste suffisamment faible pour qu'un chauffage par l'air entrant soit possible. C'est cela que montre le "bilan énergétique" d'un bâtiment. Les pertes thermiques à travers un mur extérieur, un plancher, un plafond d'étage supérieur ou un toit est déterminé par le coefficient d'isolation thermique ou encore valeur U [1] (anciennement valeur k). Cette valeur indique combien de chaleur par unité de temps traverse une unité de surface quand la différence de température entre les deux côtés est exactement d'un degré (1 Kelvin) . La grandeur de la valeur U s'exprime donc en "W/(m²K)". Si l'on veut calculer la perte de chaleur à travers un mur, il suffit de multiplier la valeur U par la surface et la différence de température. Une maison familiale typique a par ex. une surface de murs extérieurs de 100 m². L'hiver, en Europe Centrale, la température extérieure est de -12°C et à l'intérieur de 21°C vor. Des valeurs différentes du coefficient U donnent typiquement les résultats de pertes calorifiques à travers les murs extérieurs suivantes:

Valeur U W/m²K	perte calorifique W	pertes calorifiques annuelles kWh/(m²a)	coût annuel [2]) (2005) slt murs extérieurs €/a
1,00	3300	78	429,-
0,80	2640	62	343,-
0,60	1980	47	257,-
0,40	1320	31	172,-
0,20	660	16	86,-
0,15	495	12	64,-
0,10	330	8	43,-

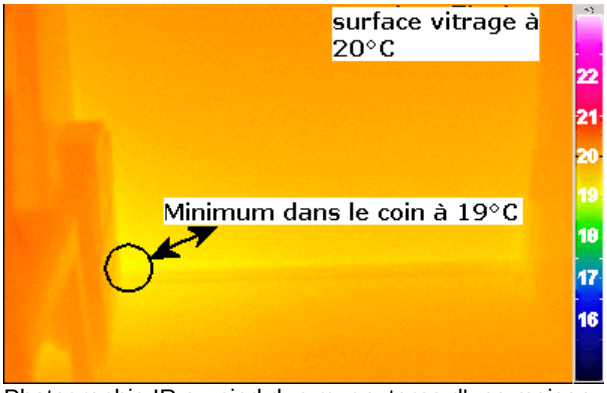
Les pertes calorifiques sont une partie importante du bilan énergétique d'un bâtiment. Chaque calorie perdue doit être remplacée par un apport correspondant, sinon la température baisse dans la maison.

Un système de chauffage compact pour la maison passive peut sans problème fournir 1000 W de chauffage. Si on veut éviter que les murs extérieurs ne dissipent une bonne partie de cette énergie, il faut vraiment que la valeur U des murs soit vraiment très faible. D'une manière générale le domaine de 0,1 à 0,15 W/(m²K) est à conseiller.

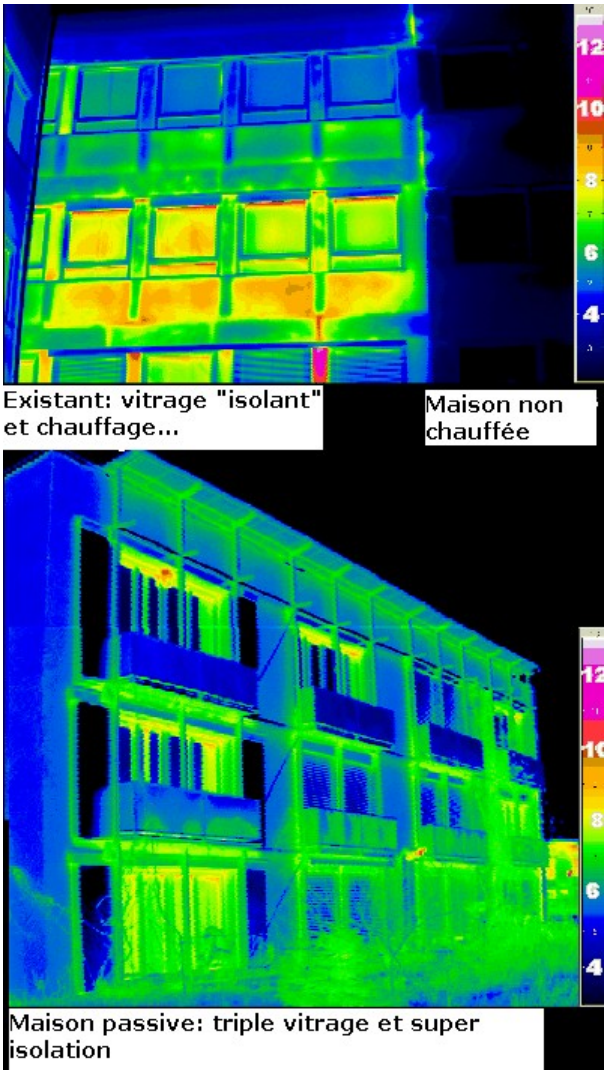
Qu'est ce que ca implique pour l'enveloppe isolante de la maison ? D'abord, il est clair que de telles valeurs U ne peuvent être atteintes qu'avec des matériaux vraiment isolants. Le tableau suivant montre l'épaisseur que doit avoir un mur extérieur pour atteindre la valeur typique pour une maison passive de 0,13 W/(m²K):

Matériau	**Conductivité thermique W/mK**	**épaisseur nécessaire pour U=0,13 W/(m²K) en m**
Béton	2,1	15,80
Brique pleine	0,800	6,02
Brique perforée	0,400	3,01

Exemples d'assemblages de murs extérieurs particulièrement bien isolés et donc indiqués pour les maisons passives.



Photographie IR au pied dun mur externe d'une maison passive, prise de l'intérieur: il n'y a plus aucune tache froide (Photo: PHI). Une bonne isolation thermique accompagne une surface intérieure chaude. Cela améliore la protection du bâti, puisque l'humidité des matérieux diminue et cela augmente le confort.



Thermographie extérieure d'une construction ancienne en comparé avec une maison passive (photo: PHI). Dans le cas de la maison passive, la température des murs extérieurs est régulièrement froide (bleu, +/- 5°C), aussi froide d'ailleurs que les objets "libres" (comme les

Bois résineux	0,13	0,98
Brique alvéolaire, Béton cellulaire	0,11	0,83
Paille	**0,055**	**0,41**
isolant standard	**0,04**	**0,30**
isolant conventionnel de haute qualité	**0,025**	**0,19**
superisolant porosité nanométrique sous pression normale	**0,015**	**0,11**
isolation par le vide (Kieselsäure)	**0,008**	**0,06**
isolation par le vide (vide élevé)	**0,002**	**0,015**

Le tableau le montre d'une manière spectaculaire: des enveloppes du bâtiment d'une épaisseur raisonnable, ne sont possibles que si l'isolation provient d'un isolant efficace. Tous les isolants "en gras" sont donc à conseiller. Les assemblages mixtes sont évidemment possibles, et d'ailleurs dans de nombreux cas nécessaires. Par ex. les murs de béton isolés par l'extérieur ou bien les murs monobloc de béton cellulaire et les plaques de laine de roche. Les assemblages seront d'autant plus minces que la conductivité thermique des matériaux utilisés est faible. Déjà avec un mur de paille d'épaisseur habituelle (50 cm et plus) la qualité "maison passive" est atteinte. Avec des isolants conventionnels typiques (laine de roche, polystyrène, cellulose) l'épaisseur "maison passive" est dans les 30 cm. Avec les mousses polyuréthanes du marché l'épaisseur peut même être réduite à 20 cm. Les isolants par le vide ont déjà été utilisés en Allemagne dans la construction. Ils permettent évidemment des constructions extrêmement isolantes et qui restent minces. Un autre type de réalisation mais d'une approche différente sont les "surfaces semi-translucides". Ici, les radiations calorifiques vont être transmises dans le coeur de la construction isolée, de manière à réduire les différences de température et à obtenir un coefficient U équivalent qui soit plus faible.

Et la rentabilité dans tout ça ?

Une idée largement répandue est que des isolations aussi épaisses comme elles sont pratiquées dans les maisons passives ne se justifient économiquement pas. Laissez nous calculer ! Pour cela, jetez un coup d'oeil sur le tableau tout en haut. Dans la troisième colonne, il y a le pertes par m². Elles sont très faciles à déterminer: valeur U par la différence de température moyenne pendant la période de chauffage par la durée de la période de chauffage. Ou encore valeur U par les degrés heures(78000 pour le climat Europe Centrale, cad 3250 degrés jour. NDLT: en France compris entre 1400 et 3800. Compris entre 2000 et 2900 sur la plus grande partie du territoire métropolitain). Le chauffage se fait au gaz, au fioul, par cogénération ou électrique, mais pour moins de 5,5 € Cent par kWh [2]). En tout cas pour un prix qu'on ne risque pas de revoir de sitôt.... Déjà en 2006 les prix étaient sensiblement plus élevés. De là, se déduisent les coûts de chauffage annuels nécessaires pour compenser les pertes par les murs extérieurs (100 m²), comme ils sont donnés dans la dernière colonne. Ici, un extrait du tableau:

Valeur U W/m²K	pertde de chaleur W	pertes de chaleur annuelles kWh/(m²a)	Coûts annuels (2005) slt mur extérieur €/a
1,250	4125	98	536,-
0,125	412	10	54,-

parapets des balcons). Dans le cas de la construction ancienne, les surfaces sont "colorées" avec des température de surface allant jusqu'à 9°C. Les pertes thermiques sont respectivement nettement plus importantes.

La première ligne (rouge sombre) correspond à une construction ancienne, mais même pas si mal isolée que ca. Les habitants doivent payer chaque année environ 536 €, simplement pour compenser les pertes de chaleur à travers les 100 m² de ce mur. Avec une isolation "après coup" au niveau maison passive (en vert), les pertes de chaleur baissent d'un facteur 10. Les coûts annuels pour compenser les pertes thermiques à travers les murs extérieurs deviennent inférieurs à 54 €/a. Cela signifie:

482 €/a d'économie de chauffage.

Que faut-il faire pour atteindre de telles réductions ? Notre conseil: vous attendez le moment ou la façade devra être ravalée, un nouvel enduit passé. Ca ne peut pas durer bien longtemps, à moins que vous ne veniez de le faire... A ce moment là, le coût de l'échafaudage et l'enduit vous devrez de toute façon les payer. Il vous en coûtera environ 2500 €. Maintenant vous allez voir votre banque et lui demandez de quel volume de crédit vous pouvez disposer, si vous remboursez 480 €/a, intérêt compris, sur 20 ans. Le crédit aux taux actuels sera d'environ 6300 €. Ensemble avec les 2500 € de coûts d'embellissement, vous disposez de 8800 € pour vous occuper des murs extérieurs. Avec ça, vous allez pouvoir faire une super isolation des murs. Dans le cas d'une construction neuve, cela sera évidemment encore meilleur marché.

Vous dites que c'est un jeu à somme nulle ? Tout cet argent économisé, dilapidé en prestation d'artisans ? Pas tout à fait, parce que:

1. Le prix de l'énergie sera encore plus élevé à l'avenir qu'il n'est considéré ici (Remarque de septembre 2006: ca fait déjà un moment que c'est le cas...).
2. L'isolation tiendra au moins 40 ans, même s'il faudra sans doute renover la façade d'ici 15-25 ans, comme toutes les façades, isolées ou pas. D'ailleurs l'isolation continuera à faire son travail, même lorsque le crédit après 20 ans sera remboursé. Pour les investissements dans les centrales et autres, cela s'appelle "la fin en or".
3. Les autres avantages d'une meilleur isolation, vous en profitez gratuitement. Plus de coins froids, plus de champignon derrière les armoires, un climat de confort sans radiation froide ou des "mares" d'air froid sur le sol.
4. ...et, s'il s'agit d'une construction nouvelle ou d'une rénovation substantielle, vous vous rapprochez de cette manière de la maison passive, qui vous garantit une bien-être quotidien sur le long terme.
5. Et pour terminer: l'état favorise ces mesures de rénovation par le biais de crédit d'impôt. Ca n'a même pas été considéré dans les calculs précédents.

En résumé: ca vaut vraiment la peine. Mais n'oubliez pas le principe "Quitte à le faire, autant le faire bien". Qu'il s'agisse de construction neuve ou de rénovation.

De nombreuses techniques d'isolation seront présentées pendant l'exposition accompagnant les 11èmes rencontres internationales de la maison passive.

Expériences

Les expériences de construction de maison passives ont montré que les grandes épaisseurs d'isolation sont la plupart du temps facilement atteignables aussi avec des matériaux isolants conventionnels:

- Dans la plupart des constructions, la place pour l'isolation est disponible. Quand la place manque ou doit être achetée cher, on peut recourir à des isolants plus efficaces.
- Les grandes épaisseurs d'isolation sont dans la pratique de la

construction faciles à utiliser. Si c'est fait correctement, le surcoût lié aux grandes épaisseurs est à peine plus élevé que pour des volumes plus traditionnels. La seule chose qui reste ce sont les coûts dépendants des plus grandes quantités. Les matériaux d'isolation sont cela dit des matériau relativement peu chers. A quoi ressemble une construction raisonnée de maison passive, avec différents materiaux de construction, cela vous le verrez aussi à l'exposition accompagnant les 11èmes journées de la maison passive et au cours de l'excursion du 21. mai.

- Tous les types courants de construction en Allemagne sont utilisables pour l'enveloppe de la maison passive. Ceci a été demontré à de nombreuses reprises dans les réalisations de maisons passives : il y en a en maçonnerie (à double coque ou à système combiné d'isolation ou à façade préinstallée), préfabriqué en béton léger, préfabriqué, construction bois (classique ou avec à ossature bois), selon la technique des éléments de coffrage, à éléments métalliques et les assemblages semitranlucides.
- Les mesures effectuées in situ dans les maisons passives montrent que l'efficacité des "couches épaisses" correspond exactement aux attentes. Les pertes de chaleur sont vraiment aussi faibles que les simulations le prévoyaient et les maisons restent chaudes malgré la très faible énergie de chauffage. Cela se remarque tout de suite aux hautes températures des surfaces interieures, qui se visualisent sur les thermographies (voir thermographie intérieure sue la page de gauche). Les éléments hautement isolants, comme il s'en utilise dans les maisons passives, ont des atouts considérables par rapport aux enveloppes peu ou mal isolées des constructions plus habituelles.
- Les faibles pertes thermiques impliquent automatiquement une température élevée des surfaces intérieures l'hiver – même sans surface de chauffage sur les éléments du bâti. Cela réduit considérablement les différences de températures de radiations dans les différentes directions; ce qui est une bonne base de départ pour un confort exceptionnel. Les températures élévées des surfaces intérieures contribuent de plus à une réduction de l'humidité des surfaces du bâti. Dans les maisons passives, dans le cadre d'une utilisation "normale", les dégâts causés par l'humidité de l'air aux éléments extérieurs sont pratiquement impossibles.
- L'été, la température des surface intérieures est proche de celle de l'air de la pièce, cad qu'elle est donc plus faible que dans les maisons mal isolées, puisque la chaleur à cette époque là est transportée de l'extérieur vers l'intérieur. Pour le comportement dynamique de la partie externe, les constructions fortement isolées ont même dans le cas de faibles masses (par ex. une double plaque de plâtre) une forte capacité à isoler de l'amplitude thermique. Cette caractéristique est si vraie qu'à elle seule, elle permet d'obtenir un comportement optimal l'éte. Cependant la partie la plus importante est la grande inertie thermique du bâtiment, qui est créée par cette forte isolation et qui la rend utilisable. Cela permet à une maison passive d'être rafraîchie pendant la nuit et de garder la fraîcheur pendant la journée sans grand problème. A la condition cependant que l'apport solaire soit réduit.
- Les éléments de structure fortement isolés souffrent moins des ponts thermiques existants que des parties plus médiocrement isolées. C'est particulièrement important pour la construction ancienne. Cela a tendance a s'opposer au dicton populaire. Cela a été pourtant vérifié dans de nombreux cas et est en fait facilement compréhensible: parce que la structure porteuse et les éléments intérieurs se trouvent désormais derrière une forte isolation, ceux-ci restent chaud dans une environnement isolé. Les ponts thermiques dans une certaine mesure ne peuvent les gêner. Qu'une grande partie de la construction soit déjà froide, quelques ponts thermiques supplémentaires et le point de condensation sera atteint. Evidemment, les ponts thermiques même dans les maisons passives conduisent à davantage de

pertes calorifiques. De là, nous conseillons vivement de construire sans ponts thermiques.

Au cours des 11èmes rencontres internationales de la maison passive, les dernières connaissances et expériences en terme de construction avec des matériaux à haute isolation thermique seront présentées dans le groupe de travail "nouveautés de la recherche-développement".

Des exemples complets de construction avec des éléments de la maison passive seront représentés sur l'exposition attenante. Entre autre:

- Constructions en maçonnerie avec des systèmes combinés d'isolation avec des détails intelligents concernant les pieds de mur, l'installation des fenêtres et la liaison toit.
- Construction à élément de coffrage avec un catalogue complet de liaisons sans ponts thermiques. Ainsi que des résultats concernant la construction étanche à l'air.
- Construction par panneau de bois avec tous les détails des liaisons dans des assemblages divers.

[1]) Les calculs de coefficient U sont quelque fois critiqués. Les pages "Isoler ou garder la chaleur discutent de la question. Ici, juste un petit aparté: la valeur U s'est vraiment imposée comme la grandeur déterminante pour les pertes de chaleur. Les maisons passives qui ont été construites en sont le meilleur exemple. Ces maisons ne consomment qu'un dixième des quantités habituelles de carburant pour le chauffage. A peu près 1,5 litre de fioul par m² par an au lieu de plus de 15 litre/(m²a). De tels résultats ne sont possibles en Europe Centrale aux hivers froids que grâce à une très bonne isolation

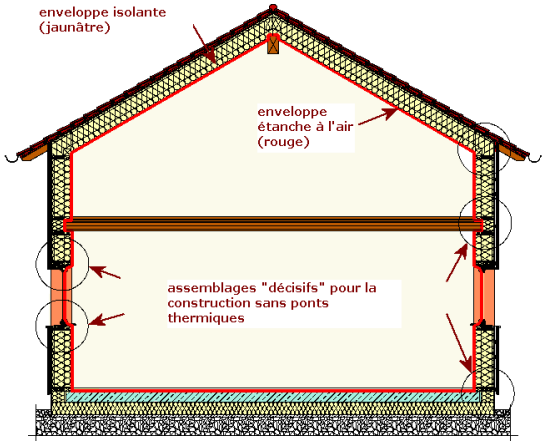
[2]) Ici on a pris un prix de chauffage de 5,5 €Cent/kWh (l'article a été écrit début 2005). En 2006 les prix de l'énergie se sont mis à galloperet les prix ont déjà dépassé les 6 €Cent/kWh. Cela implique que la rentabilité des mesures d'isolation s'est encore améliorée. Pour une présentation plus détaillée: voir ici (à traduire). L'institut de la maison passive considère d'ailleurs que les coûts moyens de l'énergie ne vont pas croître d'une manière importante à l'avenir. Déjà au prix actuel de l'énergie, il y a suffisamment d'alternatives qui permettent de remplacer les énergies fossiles chères. Une meilleure isolation est une alternative très importante.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

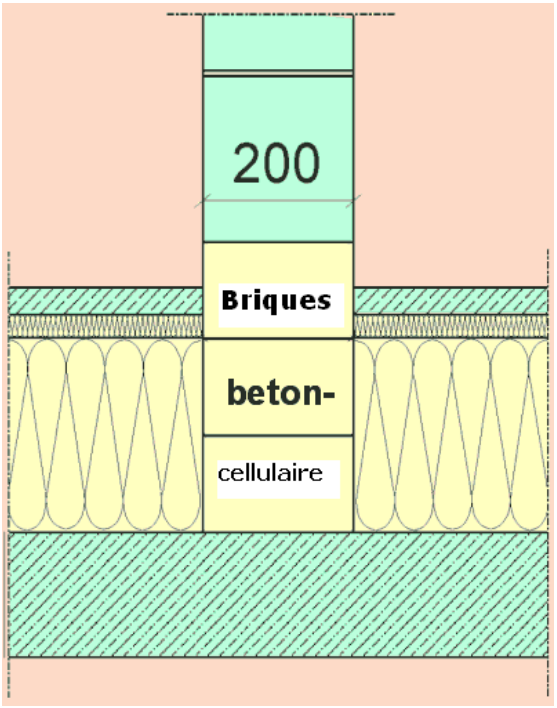
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Construire sans ponts thermiques - Pas uniquement pour les maisons passives

aufbereitet vom Passivhaus Institut


enveloppe isolante (jaunâtre)
enveloppe étanche à l'air (rouge)
assemblages "décisifs" pour la construction sans ponts thermiques

Dans la maison passive, les pertes de chaleur par les ponts thermiques devront être extrêmement réduites. Si fortement que les ponts thermiques n'auront plus besoin d'être pris en compte. Le lien pour les gens de l'art: voir "construire sans ponts thermiques pour les pros".



Exemple d'une liaison sans ponts thermiques pour la maçonerie à partir de la dalle isolée à l'aide de blocs de béton cellulaire.

La chaleur cherche son chemin du chaud vers le froid. Pour cela, elle choisi le chemin qui oppose la plus faible résistance. Et celui-ci n'a pas besoin d'être une ligne droite. Souvent d'ailleurs, il est plus simple pour la chaleur de faire un "détour de pièce" que d'utiliser le chemin direct. Dans de tels cas, on parle de "ponts thermiques".

Les conséquences des ponts thermiques sont:

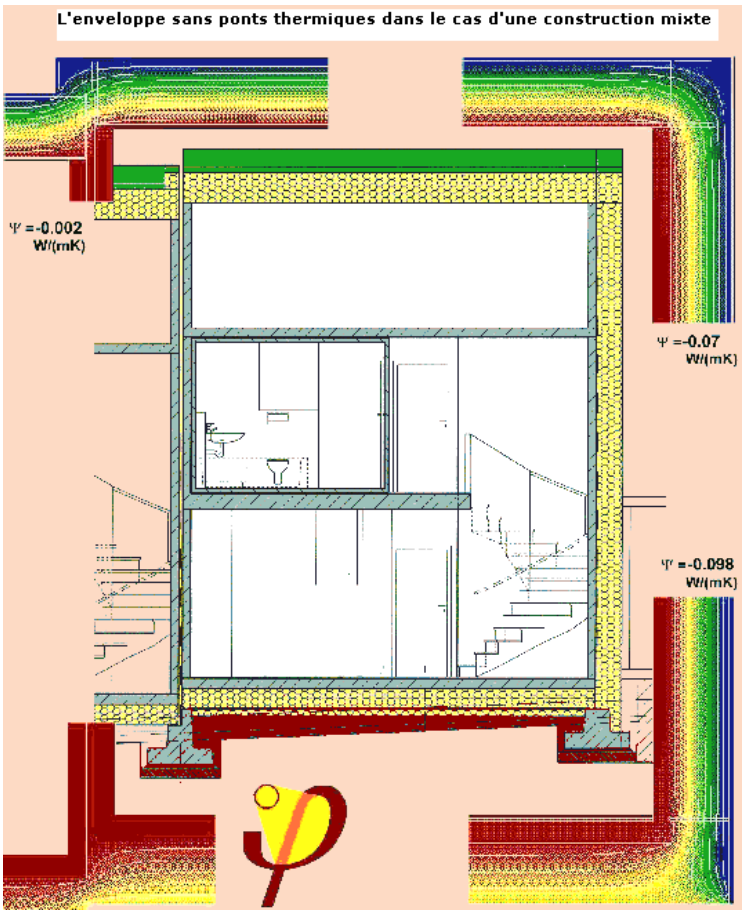
- des températures changées, le plus souvent plus faibles sur les surfaces intérieurs, qui peuvent dans les pires de cas conduire à l'humidification des éléments du bâti, ce qui aboutit à la formation de champignons.
- des pertes de chaleur, généralement plus élevées.

Tous les deux peuvent être évités dans la maison passive: les rempératures de surface sont partout si élevées que les parties humides critiques ne peuvent se produire. Les pertes de chaleur peuvent être négligées. Que les ponts thermiques soient inférieurs à une valeur limite (définie à 0,01 W/(mK)), l'assemblage sera considéré comme répondant aux critères de "**construction sans ponts thermiques**".

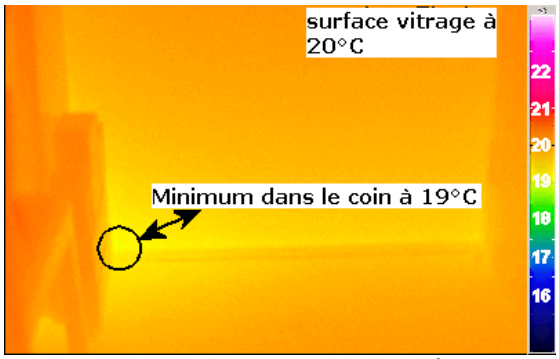
Si les critères de construction sans ponts thermiques sont respectés partout, les planificateurs et le maître d'ouvrage n'ont plus besoin de se faire de soucis au sujet des zones froides et humides. De même, les calculs du bilan de chaleur seront beaucoup plus simples.

Construire sans ponts thermiques conduit à un nombre considérable de détails améliorés. Non seulement l'énergie est épargnée, mais la longévité de la construction y est aussi allongée.

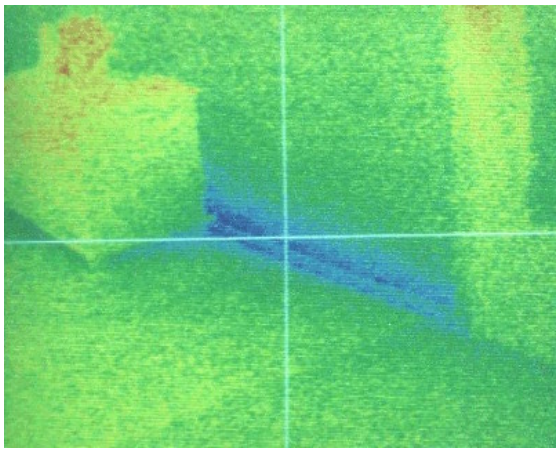
Les fabricants de produits pour l'enveloppe qui sont représentés 11èmes rencontres internationales de la maison passive ont généralement un certificat du "Passivhaus Institut" duquel ressort que tous les détails de liaison documentés sont sans ponts thermiques



Sur le chantier, le montage des blocs de béton cellulaire sur le rang inférieur ne pose pas de difficulté. Sur la photo, on reconnait une légère différence de coloration des blocs.



La thermographie au pied du mur vu de l'intérieur le montre bien: il n'y a plus de taches froides. La séparation avec le béton cellulaire est un succès. (Photo: PHI dans la maison passive "Kranichstein").



Et voici à quoi cela ressemble, lorsque la séparation thermique manque: une bande froide (bleue) le long du pied du mur est visible. (Photo: Klaus Michael, Directeur de l'institut basse énergie de Detmold, régulièrement chef de groupe de travail au cours des rencontres internationales de la maison passive). Cela aboutit souvent à des dégâts causés par l'humidité. LA construction sans ponts thermiques évite cela. Dans la construction neuve, avec un surcoût quasi nul.

Le schéma présente une enveloppe sans ponts thermiques, comme elle a été réalisée dans le lotissement "Lummerlund" à Hannovre Kronsberg - Architectes Grenz und Rasch, Bureau Faktor 10. Litérature: CEPHEUS-Rapport Nr. 18, "Le lotissement neutre pour le climat Hannovre Kronsberg".

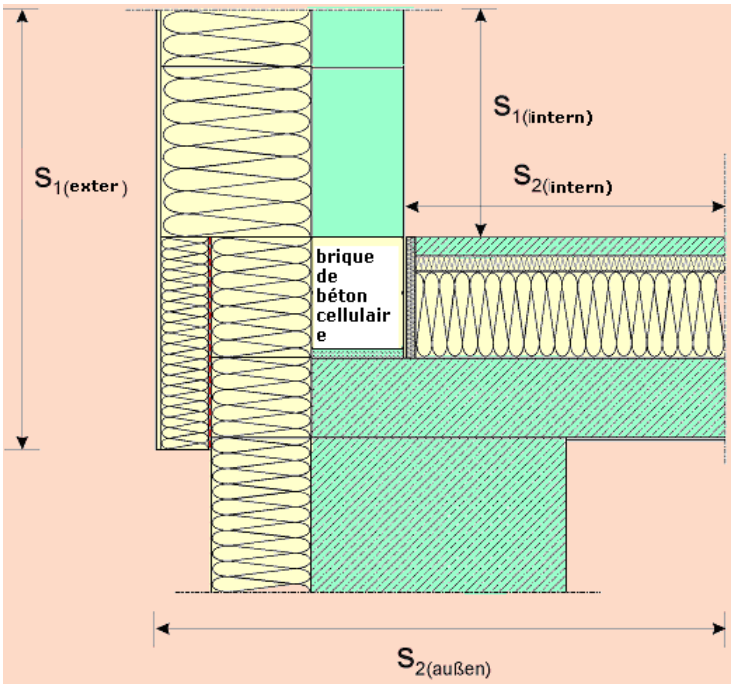
Les gens de l'art trouveront sur la page "construire sans ponts thermiques pour les pros" des informations supplémentaires.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées.
Traduction:lamaisonpassive.fr)

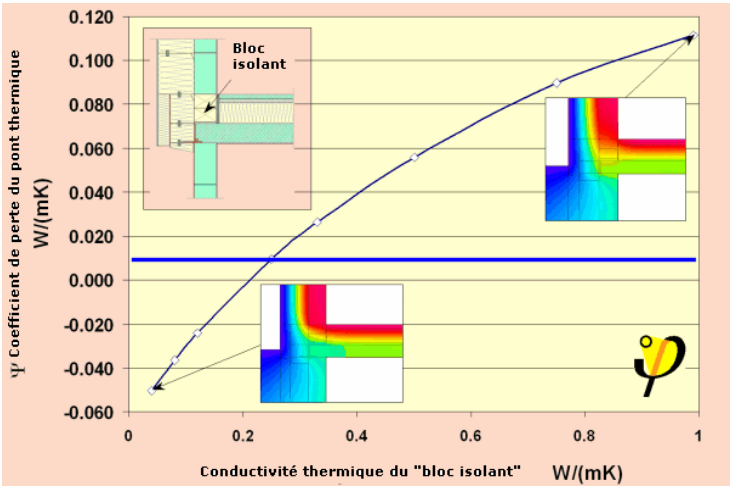
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Informations techniques sur la construction sans ponts thermiques

aufbereitet vom Passivhaus Institut.



Exemple d'une liaison sans ponts thermiques de la maçonnerie à la dalle isolée (en respectant les ordres de grandeur; le calcul se fait d'une manière convenue avec la ligne de mesure extérieure). Pour ces détails, le coefficient de perte de chaleur a été calculé par rapport au matériau de liaison utilisé.(selon [AkkP 16]).



Relation entre le coefficient de perte de chaleur du ponts thermiques (valeur Ψ) et la conductivité thermique λ du bloc de liaison. Quand celui-ci est inferieur à 0,25 W/(mK), le coeffcient $\Psi = 0{,}01$ W/(mK) et l'assemblage devient sans ponts thermiques. Le critère est marqué par une ligne horizontale bleue. On note qu'avec un bloc "normal" (λ >0,8 W/(mK)) un ponts thermiques important apparaît (selon [AkkP 16]). Cet exemple montre que la "construction sans ponts thermiques" peut-être souvent atteinte par de très petits changements, tout simple et qui n'impliquent même pas d'augmentation des coûts. Cela dit, cela doit être pris en compte dès la planification. Une modification pareille dans un bâtiment déjà construit, est certes techniquement possible, mais entraîne des coûts impossibles à justifier. Du coup, il reste dans les constructions anciennes rénovées avec des composants de la maison passive à

De la définition de la construction sans ponts thermiques

Une enveloppe de bâtiment est considérée comme étant sans ponts thermiques, si les pertes de chaleur par transmission en prenant en compte tous les ponts thermiques , n'est pas supérieure à ce que donne le calcul en ne considérant que les surfaces extérieures et les valeurs U des éléments constituants le bâti. Les ponts thermiques présents dans les éléments de construction doivent être pris en compte lors de la détermination de leurs valeurs U [AkkP 16]. Dans la suite, cela sera décrit sous forme de formules.

Les pertes de chaleur sont caractérisées par le coefficient de conductivité thermique H_T. Il se détermine par la multiplication des pertes régulières de toutes les surfaces A avec leur coefficient d'isolation thermique *U*

$$U \cdot A$$

et les apports des ponts thermiques *(Ψ · l)* ainsi que *&Chi* ; comme les apports ponctuels sont généralement insignifiants, ils ne sont pas pris en compte par la suite. (*Ψ* est le coefficent linéaire, *&Chi* le coefficient ponctuel de pertes thermique).

„Construire sans ponts thermiques“ se définit donc de la manière suivante: la contribution apportée selon la formule des ponts thermiques est plus petite ou égale à zéro:

$$\sum \&Psi \cdot l + \sum \&Chi \leq 0$$

[Definition sans ponts thermiques]

A partir de ce moment là, il est correct de ne pas tenir compte des ponts thermiques et de simplifier considérablement les calculs.

Critère simplifié

Une vérification de la définition conduit à la conclusion que les assemblages doivent être calculés de manière multidimensionnelle. Il s'agit donc de proposer des critères simplifiés de construction "sans ponts thermiques". On s'est aperçu que dans les bâtiments à la géométrie classique, la condition "sans ponts thermiques" est atteinte si pour les perturbations linéaires:

$\Psi = 0{,}01$ W/(mK) [WbCrit]

Celles-ci peuvent toujours conduire à des contributions positives, qui peuvent être considérées comme "négligemment faibles".

D'ailleurs les apports positifs restants peuvent être compensés dans une certaine mesure par d'autres assemblages ou les coefficients de pertes des ponts thermiques sont négatifs. La condition [WbCrit] est valable pour toutes les structures, dont les liaisons, les arêtes et certaines perturbations touchent des surfaces

cet endroit la plupart du temps encore des pertes thermiques importantes.

Dans une construction neuve, le montage des blocs de béton cellulaire en rangée inférieure est facile à mettren en oeuvre. Sur la photo, on reconnait une légère différence de coloration des blocs.

Dans le rapport [AkkP 16] dont on a déjà parlé "construire sans ponts thermiques" on montre de nombreux autres détails de construction de l'enveloppe sans ponts thermiques.

Qu'une construction neuve ne soit pas planifiée selon le principe de l'absence de ponts thermiques, et ce sont de nombreuses zones de pertes de chaleur qui voient le jour. L'exemple de nombreux projets de construction donnent une augmentation du besoin en énergie de chauffage qui peut aller jusqu'à 14 kWh/(m²a). Une planification soignée concernant les ponts thermiques peut du coup être déterminante lorsqu'il s'agira de déterminer si un projet pourra atteindre les standards de la "maison passive".

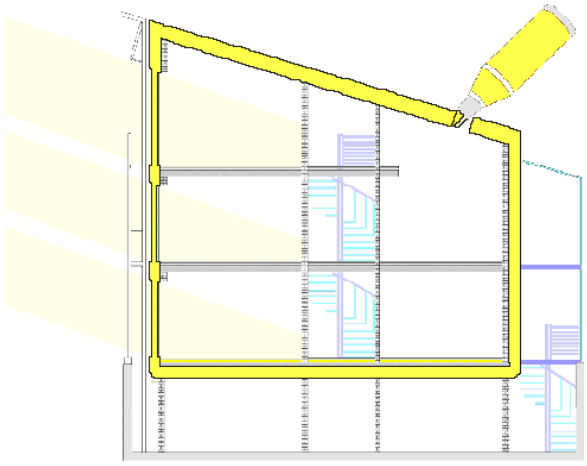
régulières. Les perturbations qui touchent les surfaces régulières, doivent être prises en compte dans la définition des coefficients d'isolation thermiques réguliers U_{reg} (par ex. des noeuds dans une plaque de bois, ou bien des construction par panneaux de bois. D'ailleurs, les ponts thermiques de liaison dans le montage des fenêtres, sont directement intégrés dans les valeurs U des fenêtres du programme PHPP).

Avec le critère simplifié, la planification et la construction en sont considérablement simplifiés. Pour une classe d'assemblages, il suffit de justifier une fois pour toutes qu'elle réponde au critère [WbCrit]. Cela peut être réalisé par ex. par un calcul de tous les détails des enveloppes. De nombreux fabricants de systèmes ont dejà suivi cette démarche et ont fait vérifier pour leurs systèmes le respect du critère. Que le planificateur utilise de tels assemblages et il peut oublier la formule de calcul des ponts thermiques. Et économise beaucoup de temps.

Sur la page internet du Passivhausinstitut, vous trouverez de nombreux exemples de systèmes de construction pour lesquels les assemblages ont été vérifiés et certifiés "sans ponts thermiques".

Comment projete-t-on sans ponts thermiques ?

Le principe suivant offre une aide parlante: planifier les couches d'isolation de telle manière qu'on puisse parcourir avec un crayon toute l'enveloppe extérieure le long de la couche d'isolation (pour une maison passive env. 20 cm) sans jamais avoir à le soulever. Le schéma suivant illustre le principe à l'exemple d'une coupe. Les points déterminants seront ainsi vite visibles. Par exemple le pied de la maçonnerie sur le plafond de la cave. Pour savoir à quoi peuvent ressembler les solutions, reportez vous à la colonne de gauche de cet article.



L'intention derrière l'idée de construire "sans ponts thermiques" est une substantielle augmentation de la qualité des détails. Nous préférons une amélioration peut-être modeste des liaisons plutôt qu'un calcul coûteux de liaisons de moins bonne qualité.

L'expérience avec de nombreux systèmes de construction pour lesquels le principe de construction "sans ponts thermiques" a déjà été développé est positive. Il y a déjà des catalogues complets de construction sans pont thermiques pour:

- Construction massive en pierres,
- Construction massive avec des blocs de faible conductivité thermique (par ex. béton cellulaire),

- Construction bois (autant avec des poutres massives qu'avec des poutres allégées),
- Construction avec des éléments de coffrage,
- Construction avec des éléments préfabriqués de béton cellulaire.

Pour la construction massive, la construction bois ou les éléments de coffrage, vous trouverez des détails dans le rapport [AkkP 16]. Pour la construction bois, vous trouverez des renseignements dans la brochure [Kaufmann 2002].

Le Passivhaus Institut conseille les fabricants pour le développement des systèmes de construction sans ponts thermiques

Litérature:

[AkkP 16] **Construction sans ponts thermiques**; Protokollband Nr. 16 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 1999 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

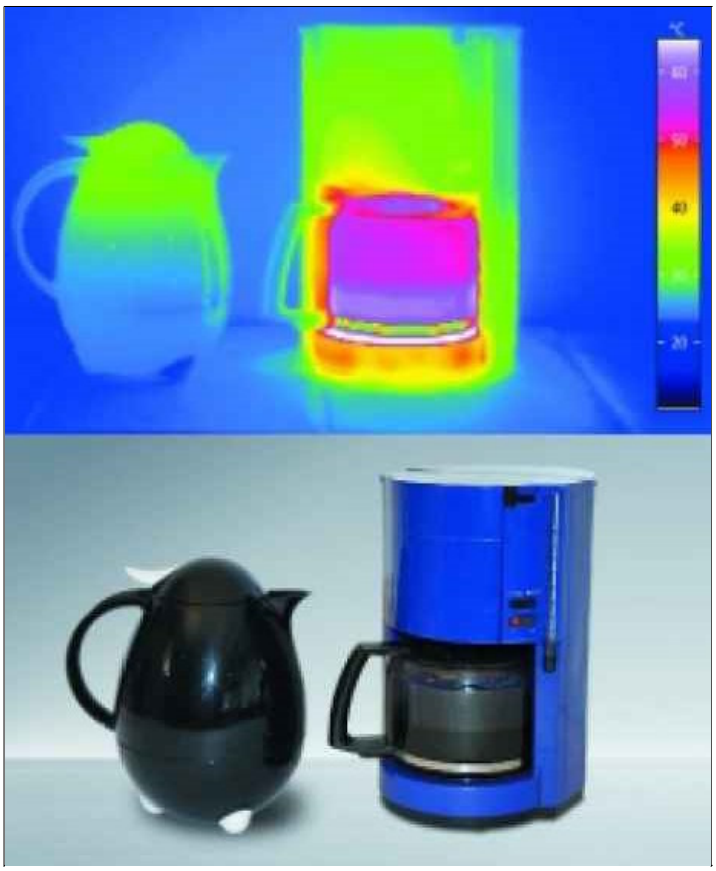
[Kaufmann 2002] **La maison passive – Construire énergétiquement efficace**, holzbau handbuch
Reihe 1: Entwurf und Konstruktion Teil 3: Wohn- und Verwaltungsbauten Folge 10: Passivhaus – Energie-Effizientes-Bauen, DGfH Innovations- und Service GmbH,
kostenloser download aus dem Internet:
Passivhaus-Holzbau PDF, 1kB)

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr))

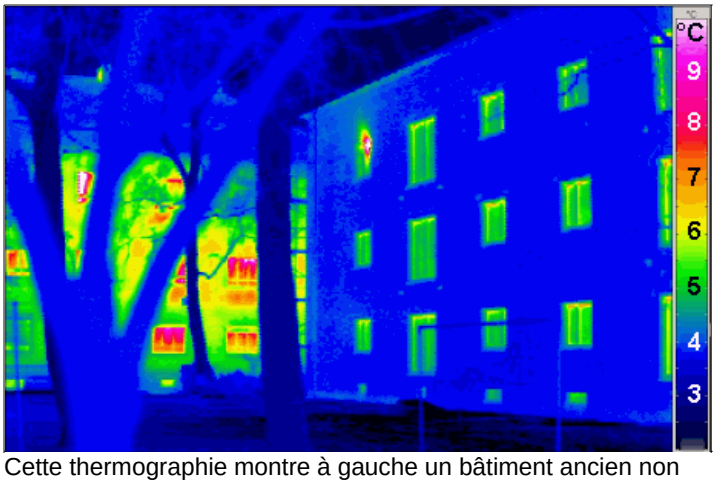
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Isolation ou inertie thermique ?

aufbereitet vom Passivhaus Institut.



La sauvegarde de la chaleur n'est efficacement utilisable qu'en coopération avec l'isolation:
Le réservoir mal isolé (récipient à droite) perd vite beaucoup de chaleur, qui doit être compensé par la plaque chauffante. Le réservoir très bien isolé (thermos, à gauche) permet de garder la chaleur pendant des heures. Dans les bâtiments, c'est pareil. (voir l'image suivante).



Cette thermographie montre à gauche un bâtiment ancien non isolé (derrière les arbres) et à droite une façade très bien isolée après coup (20 cm isolation):

- Côté gauche (coloré): le mur non isolé conduit très bien la chaleur jusqu'à la surface extérieure, qui irradie de la chaleur dans la nature. Ceci est très reconnaissable à la forte température de la surface extérieure, entre 6 et 7 °C.
- Côté droit (bleu sombre): l'isolation réduit le flux de chaleur de l'intérieur à l'extérieur de façon très importante. La

Dans de nombreuses publications (aussi sur Internet), on insiste sur la nécessité de cnserver la chaleur. On y affirme qu'une amélioration de l'isolation des murs extérieurs est inutile, voire dangereuse. Apparemment, la science ne prendrait pas suffisamment en compte les effets de l'inertie thermique dans les murs ainsi que les apports de chaleur du soleil. Déjà en 1987 l'auteur de ces lignes a systématiquement répondu sous le même titre à cette question. Entre temps une foison de résultats supplémentaires sont disponibles. Tous valident cette publication. Le résumé ci-dessous peut-être commandé sous sa forme "longue" à l'adresse suivante:

W. Feist: **Est-ce que l'inertie thermique est plus importante que l'isolation ?**

nouvelle surface en crépi a une température inférieure à 4 °C; Cette température est identique à celle des arbres. Cela montre que les pertes de chaleur sont extrêmement faibles. Les pertes à travers les fenêtres sont elles un peu plus importantes. Et la fenêtre ouverte (en haut, à gauche) prouve, que la maison est pourtant chauffée...

(Thermographie: 17.12.2002, 7:52 W. Feist)

La même photo en lumière normale un peu plus tard. La plateforme qui a été utilisée pour le montage des balcons, vient juste d'arriver. (Photo Digitale: 17.12.2002, 8:36 B. Schulze-Darup)

L'isolation de 20 cm sur la façade pendant la réalisation (rénovation Nuremberg Jean-Paul-Platz). Les plaques d'isolant sont collées sur le vieux crépi et dans la phase suivante seront recouvertes d'un nouvel enduit. Cette technique a largement fait ses preuves. Les économies d'énergie de cette rénovation "modèle" sont supérieures à 85% (voir "La rénovation").

L'équation de conduction de la chaleur dans la forme générale décrit l'évolution temporelle d'un champ de températures *T(x,y,z)* dans un matériau inerte (par ex. un solide). Les différences de température (gradient "grad", tout à droite du côté droit) génère un flux de chaleur, qui est d'autant plus important, que les composants du tenseur de conduction thermique Lambda est grand[1]). (***q*** = -Lambda grad *T* est le flux de chaleur). La divergence négative du flux de chaleur est exactement le changement du contenu de chaleur dans les éléments de volume infinitésimal. Celle-ci est égale à la capacité de chaleur *rho sdot c* multiplié par le changement dans le temps de la température *∂T/∂t* (côté gauche de l'égalité).

1. Les faits essentiels

L'état de la recherche montre sans aucun doute scientifique [3]) les faits suivants:

- Pour la consommation en énergie de chauffage d'un bâtiment d'habitation en Europe Centrale, ce sont en première ligne l'isolation de l'enveloppe et la ventilation qui sont en les premiers responsables.
- L'ensoleillement des murs extérieurs est en moyenne pendant la période de chauffage normalement d'un effet négligeable avec un faible gain en énergie, qui est en plus relativisé par les déperditions dans l'atmosphère froide. Cependant l'utilisation passive de l'énergie solaire peut-être sensiblement augmentée par l'utilisation de couches sélectives ou encore par une isolation trasnlucide
- En fin de compte, l'influence de la conservation de la chaleur des murs extérieurs est extrêmement faible (moins de 0,5%).
- En revanche, l'inertie thermique des éléments intérieurs a une influence non négligeable sur la stabilité de la température en été. Ce qui est important ce sont avant tout les murs intérieurs et les sous-plafond. Cet effet sera discuté dans un chapitre postérieur.

Les faits suivants sont justifiés dans la version "longue" et expliqués plus en détail. Les résultats principaux:

- Pour les éléments exténes au bâti, c'est de l'isolation que dépend les pertes thermiques. L'isolation est toujours efficace. Quelle soit à l'intérieure ou à l'extérieur. Ce qui est important aussi, c'est la suppression des ponts thermiques ainsi que l'étanchéité à l'air.
- L'inertie thermique des parties exterieures est indifférente.
- Et seulement dans une modeste mesure, le degré d'absorption de l'énergie solaire et le degré d'émission de l'énergie calorifique des surfaces extérieures jouent un rôle

2. Définition de la conservation de la chaleur

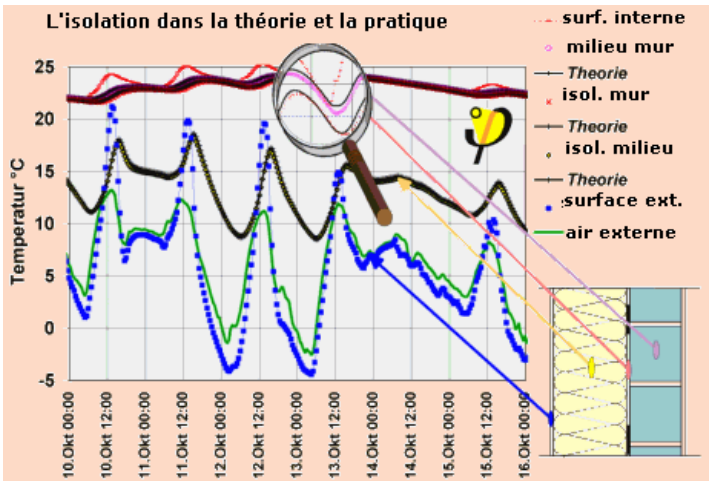
Le pouvoir de conserver la chaleur ou capacité calorifique (c'est la dénomination de la physique) décrit la faculté d'un matériau d'absorber de la chaleur. Nous utilisons l'effet de conservation par ex. depuis longtemps dans les bouillottes, les ballons à accumulation ou les radiateurs à accumulation. La conservation de la chaleur n'est pas une source d'énergie. Toute l'énergie contenue doit être à un moment ou à un autre apportée d'une manière ou d'une autre, par ex. en chauffant l'eau de la bouillotte.

3. Auto-décharge

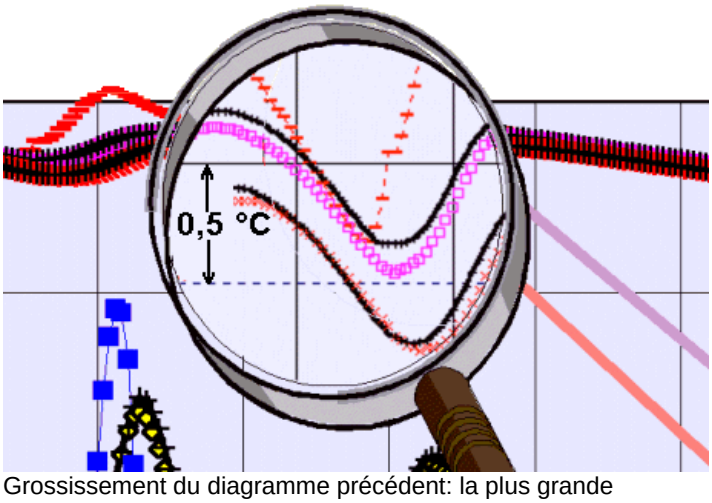
Une bouillotte non isolée (par ex. si elle n'est pas sous la couette) rend son contenu calorifique en peu de temps et n'est plus qu'une bouillotte froide. Ce n'est qu'une bonne isolation qui rend la conservation de la chaleur vraiment efficace. Cela vaut -et de manière nettement plus importante- aussi pour la conservation de la chaleur dans les bâtiments. Ici pourtant la durée de conservation de la chaleur est considérablement plus longue (plus d' ¼ d'année) que pour la bouillotte (8

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = - div \left(- \Lambda \; grad \; T \right)$$

Cette équation a largement fait ses preuves en physique et en technique. Des choses aussi différentes que le transport de la chaleur dans les étoiles, dans les semi-conducteurs, les plaquettes de frein entre autres, se laissent bien calculer avec des résultats vérifiés par la pratique. Dans la physique du bâtiment il n'en va pas autrement. Et de même les résultats sont validés par la pratique. Par ex. dans ce graphique:



Les valeurs mesurées de la température dans le mur sont représentées par des symboles de couleur, les valeurs calculées selon la formule citée plus haut sont les courbes noires ("*Theorie*") . La theorie et la pratique concordent si bien, que les écarts ne sont pas discernables à cette échelle, mais uniquement sous la loupe. La construction du mir ainsi que les zones de mesures du très sensible Pt100 est documenté en bas à droite. L'épaisseur d'isolation est de 275 mm. A partir de ces résultats de mesure, on en déduit d'autres caractériqtiques du mur. Une discussion détaillée se trouve dans [Feist 1987], sur internet voir "l'isolation fonctionne".



Grossissement du diagramme précédent: la plus grande différence entre la courbe théorique (courbe noire) et les valeurs calculées (symbole de couleur) est de 0,2 °C. Cet écart correspond aux erreurs de mesure.[2])

Remarques:

[1]) Ici, on a présenté la formulation la plus générale, pour laquelle la conductivité thermique peut-être différente selon les directions (par ex. dans une brique perforée). Que le matériau conducteur

heures). Comme comparaison, voir le premier graphique dans la colonne de gauche.

4. Conserver la chaleur et isoler sont complémentaires

Tous les deux sont décrits par l'équation du transfert de chaleur. Celle-ci est démontrée expérimentalement en 1822 par *Jean-Baptiste-Joseph de Fourier* qui établit l'équation générale de conduction de la chaleur . Elle détermine le jeu alterné de la conservation et de la conduction de la chaleur dans un matériau immobile. Aujourd'hui il est possible à l'aide de programmes numériques d'appiquer cette équation différentielle à différents types d'assemblages. Et ainsi de recueillir une description précise de l'évolution des températures. Des programmes comme HEAT2 ou HEAT3 peuvent le faire, d'ailleurs même en deux ou trois dimensions. Les valeurs ainsi calculées se retrouvent ensuite dans la pratique.

Des programmes de simulation (comme par ex. "Dynbil", "Derob", "Transys"), avec lesquels les flux d'énergie dans les éléments du bâti et les bâtiments sont calculés de façon numérique, utilisent tous l'équation générale de conduction de la chaleur de Fourier – ils prennent donc en compte les effets de conservation comme ceux de conduction de la chaleur.C'est avec ces outils numériques qu'ont été atteints les trois résultats importants suivants

- Pour les éléments usuels des bâtiments, il s'avère que l'effet de conservation de la chaleur au bout de quelques jours s'est estompé *herausmittelt* (voir l'explication dans la section suivante)
- Plus importants sont les flux thermique par des "détours" dans les trois dimensions de la pièce. Ces ponts thermiques peuvent occasionner des pertes de chaleur importantes. Ils doivent en conséquence être éliminés de manière minutieuse., si l'on veut que l'isolation soit efficace.
- Grâce aux simulations selon l'équation générale de la chaleur de Fourier, la maison passive a été conçue pour être les solution particulièrement économe en terme d'énergie tout en apportant un grand confort thermique aussi bien l'hiver que l'été. [Feist 1993].

5. Approche stationnaire

Si l'on considère de plus longues périodes, l'apport et les pertes d'énergie de la capacité thermique s'équilibre d'après le bilan énergétique, puisqu'il doit y avoir autant de chaleur apportée, qu'il y en aura de disponible si les températures au début et à la fin sont identiques.

C'est quoi une "longue période" ? Cela dépend du système considéré. Pour une feuille de papier, une heure c'est déjà "long". Pour une dalle de béton de 160mm, trois jours c'est "long". Cependant, pour une couche de terre de plusieurs mètres d'épaisseur, il faudra attendre 6 ans pour que ce soit "long".

Pour une conservation de la chaleur "entre les saisons", une telle construction massive est pourtant inadaptée. Les recherches qui sont faites pour réaliser la conservation de la chaleur des installations solaires, montrent les masses énormes nécessaires (généralement plusieurs tonnes d'eau) et avant tout les isolations considérables (50 cm et plus) pour éviter une trop grande perte de chaleur. Ici aussi on remarque que

de chaleur soit indépendant de la direction (isotrope), le tenseur Lambda peut être remplacé par la valeur scalairede conduction de la chaleur lambda. La capacité de chaleur spécifique rho sdot c et la conductivité thermique Lambda peuvent être dépendant du lieu, sans que l'équation ne change beaucoup. Que les coefficients dépendent aussi de la température (par ex. pour les gaz), l'équation en devient non-linéaire. La solution numérique livre pourtant encore des résultats utilisables sous certaines conditions.

[2]) Les mesures ont été faites avec des capteurs Pt100, calibrés en laboratoire, qui ont été montés dans le murs et utilisés pendant de nombreuses années. Les fils de mesure ont été ainsi câblés qu'ils ne pouvaient pas influer sur le champ de température. La création de chaleur par le capteur étant elle-même négligeable (mesure à 4 conducteurs avec de faibles impulsion électriques seulement pendant la mesure). Le programme de mesure a été financé par la province de la Hesse. Les résultats ont été entre autre publiés dans le rapport Nr. 5 "bilan énergétique et comportement à la chaleur" du groupe de travail "construction économique de maison passives". C'est là aussi que l'on peut trouver des données plus précises quant aux calculs numériques [AkkP 5]. LEs diffèences entre les mesures et les simulations numériques sont causées par les effets suivants:
- restes d'erreurs de calibration (env. +- 0.15 K)
- restes d'erreurs de positionnement (etwa +- 2 mm)
- imprécisions dans la construction du mur notamment dûs aux épaisseurs variables de mortier
- influence de ponts thermiques éloignés (le calcul se fait selon l'équation à une dimension)
- effets de l'humidité (qui peut être prise en compte dans les équations liées de transport de chaleur et d'humidité)
- précision limitée de la connaissance des matériaux employés.
Toutes ces influences ont été contrôlées aussi précisément que faire se peut; il en résulte une très bonne adéquation entre les valeurs mesurées et celles calculées.

[3]) De nombreux, on reproche à la science que les lois (notamment celle de la conduction de la chaleur) ne soit pas "pourvée". D'une façon tout à fait stricte, c'est d'ailleurs même vrai. Car la sérieuse science ne peut justifier ses assertions sans se référer à ses principes fondamentaux qui ne sont pas prouvés. *Bien plus, les lois de la science doivent être vérifiée par l'expérimentation.* C'est cela qui définit la science sérieuse et rend le progrès possible. Et cela implique que le niveau des connaissances scientifique a atteint un très haut degré de fiabilité. Il a jusqu'à présent soutenu toutes les vérification. Cela ne rend pas la connaissance scientifique infaillible. Mais ce niveau permet la meilleure description connue des phénomènes physiques.

Et ces assertions, chacun peut les vérifier par lui-même. Par ex. aussi pour le sujet de l'isolation:

- Qu'est ce qui se passe quand, l'hiver, le chauffage défaille dans une construction ancienne ? L'auteur l'a lui-même vécu: les températures baissent jusqu'au point de congélation. Chez nous même l'eau des vases gelait...
- Et qu'est ce qui se passe quand le chauffage s'arrête dans une maison passive ? Même par les temps les plus froids, la tempéraure ne baissera que très lentement dans une maison bien isolée. De deux à quatre jours cela restera confortable. Et même après deux semaines, la température ne baisse pas en dessous de 14°C. Les faibles sources de chaleur interieures continuent à tempérer la maison.

Dit simplement: *que les équations de conduction de la chaleur ne décrivent pas d'une manière "absolument sûre" les échanges thermiques dans un bâtiment, c'est possible. C'est cependant à peu près aussi sûr que le fait que la Terre tourne autour du*

la conservation de la chaleur n'est possible qu'en liaison avec une bonne isolation. En fin de compte, la méthode qui semble la plus prometteuse est d'utiliserla terre sous la maison pour conserver la chaleur.

Pour les éléments de construction standards, on peut utiliser l'approche stationnaire, quand il s'agit de pertes thermiques tout au long de la période de chauffage. A ce moment là, les températures en début et en fin sont à peu près équivalentes et le bilan net de conservation est nul. Cette approche conduit au coefficient d'isolation thermique U, bien connu par ailleurs (auparavant valeur k). Les calculs qui utilisent la valeur U tout à fait corrects, quel que soit le type de bâtiment. Un exemple en est la méthode simplifiée du "Passivhaus Projektierungs-Paketes" (PHPP); pourtant les résultats concordent bien avec les mesures effectuées sur le terrain. (voir les pages concernant le bilan énergétique).

6. La théorie et la pratique (mesures)

Dans quelle mesure la théorie et la pratique correspondent, c'est montré dans les rélevés de températures qui ont été réalisés dans la maison passive "Kranichstein". Les derniers deux graphiques de la colonne de gauche montrent les valeurs mesurées (symboles de couleur). Les résultats des calculs avec les modèles de simulation sont représentés par des lignes noires. La concordance de la théorie et de la pratique est si bonne que les différences ne sont perceptibles que lorsqu'onutilise la loupe. Les différences maximales sont de +/- 0,2 °C.

7. Contre: l'inertie calorifique intérieure a une influence

Qu'est ce qu'on entend par capacité calorifique intérieure ? C'est le réservoir de chaleur qui par le biais des murs intérieurs est contigüe de l'air de la pièce. Elle est située à l'intérieure de l'enveloppe isolante du bâtiment, en ce sens comparable au matériau isolant de la bouteille thermos. Cette capacité thermique atténue les changements de température dans la pièce, par ex. quand les rayons du soleil entrent par les fenêtres. Pendant la période principale de chauffage, c'est plutôt de second ordre. Mais l'été, quand il s'agit d'atténuer les pics de température de la journée avant de retrouver la nuit une possibilité de ventiler, une capacité thermique intérieure est avantageuse. D'ailleurs, l'été aussi une bonne isolation qui empêche l'entrée de la chaleur est tout autant utile.

8. Résumé et exemples

C'est l'isolation qui fait la différence, pas l'inertie thermique. Cela n'est pas uniquement le cas des bâtiments, mais aussi celui de nombreuses situations de la vie de tous les jours:

- Si nous voulons garder le thé ou le café au chaud, nous utilisons une couvre théière ou une thermos. L'alternative à l'isolation ne se situe pas dans l'inertie thermique mais dans le réchauffage (bougie ou chauffe-plat).
- Par temps froid, nous mettons des Pullover, collants, chapeaux,...
- Nos lits, nous les protégeons par des couvertures épaisses ou mieux des édredons en plume d'eider. Bien sûr que l'édredon n'est pas chaud par lui-même, mais il est surtout très isolant, ce qui fait que le corps humain ne perd que très peu

Soleil. La même chose est aussi valable pour la connaissance sur le changement climatique et pour l'état de la recherche sur l'évolution. Pour la science sérieuse, c'est généralement plus "difficile" que pour les fanatiques qui croyent dur comme fer à leurs convictions. La science remet constamment en cause ses acquis. Cela lui apporte une double force: non seulement cela garantit un processus constant d'amélioration, mais aussi cela oblige à la tolérance. Personne n'est en possession de la vérité absolue. *Les convictions personnelles ne peuvent être pour personne si importante que la dignité d'autres soit mise en question; les principes d'éthique, comme ceux de la théorie demeurent au dessus de la science.* Puisse cela au moins être enfin reconnu par tous ! (voir Max Born: "De la responsabilite des scientifiques").

d'énergie.

- Les agriculteurs en automne sont régulièrement prévenus de la "gelée au sol". La perte de chaleur dans le ciel clair de la nuit fait que la gelée se produit toujours d'abord sur le sol (malgré inertie thermique et rayons du soleil!). Avec de la paille (isolant) ou des un film plastique (isolation transparente/translucide) l'agriculteur protège ses plantes.

La meilleure preuve de la fonction d'isolation est la maison passive elle-même. Une maison passive reste longtemps chaude l'automne, parce que grâce à l'isolatio et à la récupération de chaleur, elle ne perd que très peu de chaleur. Même lorsqu'on devra chauffer au coeur de l'hiver, les besoins de chaleur restent très faibles. Que cela fonctionne vraiment ainsi, comme le prévoyaient les lois de la physique du bâtiment, il y a des milliers d'exemples construits qui le prouvent. Une bonne isolation des bâtiments s'est ainsi justifiée de manière implacable. Chacun peut s'en convaincre par lui-même, par ex. au cours de l'excursion organisée pendant les rencontres de la maison passive ou au cours des journées de la maison passive. A cette occasion, les propriétaires de maisons passives ouvrent leurs portes, pour permettre aux visiteurs de se faire leur propre opinion. La cohérence scientifique, chacun peut s'en convaincre soi-même, pas besoin de gourou pour ça. C'est d'ailleurs l'exigence fondamentale de la science: elle doit être vérifiable. Même les mesures doivent se plier à cette condition. Les ocnditions aux limites doivent être documentées, les mesures doivent être faites avec suffisamment de précision (avec un thermomètre usuel de maison on peut mesurer les températures avec une précision de 1 à 2 °C). La cohérence de la physique, on n'a pas besoin d'y croire, chacun peut la vérifier soi-même.

Apprendre par le travail et l'action

Le thème qui est présenté ici, est d'ailleurs un sujet d'étude privilégié pour les écoles. Tout autant dans au collège/lycée que dans les classes supérieures, on peut y travailler une compréhension fondamentale des principes physiques, les différences entre grandeurs extensives (contenu calorifique, énergie interne) et intensives (température), tout comme la première loi de la thermodynamique (énergie). De petits modèles (des boites d'isolant pour un récipient avec de l'eau chaude) sont très cvite construits et permettent aux élèves une vérification personnelle des liens. Il y a une connexion forte avec les expériences journalières. Albert Einstein dit à ce propos la chose suivante: "les personnalité ne se forment pas avec ce qu'ils entendent, mais à travers le travail et l'action."

Litérature:

[Feist 1987] **Est ce que l'inertie thermique est plus importante que l'isoaltion ?**
1. Auflage, IWU 1987; 2. Auflage, Passivhaus Institut, 2000 (Link zur Bestellung der Langfassung)

[Feist 1993] **Des maisons passives en Europe Centrale**; Dissertation, Universität Kassel, 1993

[AkkP 5] **Bilan énergétique et comportement de la chaleur**; Protokollband Nr. 5 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus

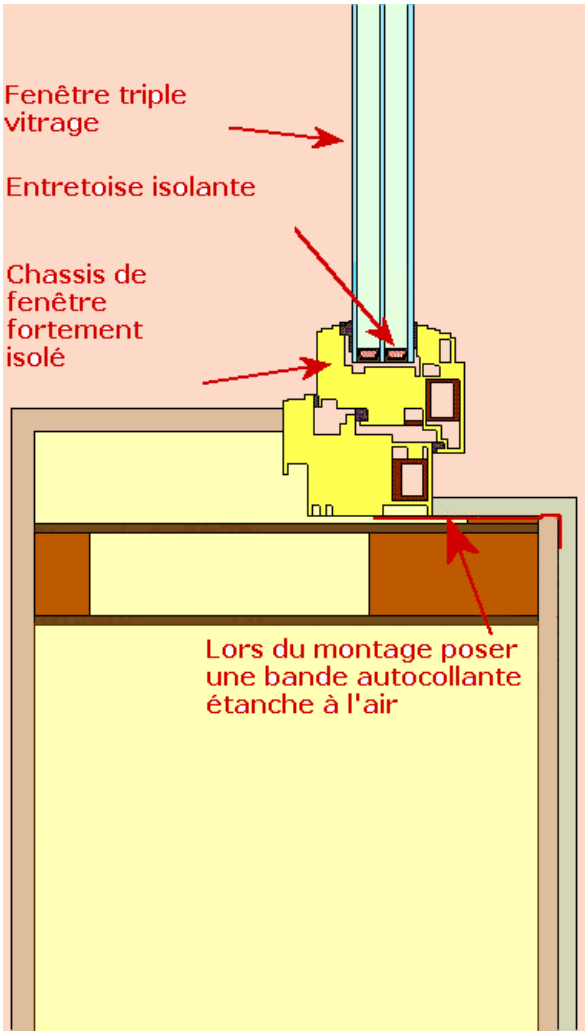
Institut, Darmstadt 1997 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Les fenêtres "chaudes" - pas uniquement valables pour les maisons passives

aufbereitet vom Passivhaus Institut.


Fenêtre triple vitrage
Entretoise isolante
Chassis de fenêtre fortement isolé
Lors du montage poser une bande autocollante étanche à l'air

Traduction:

Dreischeiben-wärmeschutz-verglasung": triple vitrage.
Wärmedämmender Abstandhalter: entretoise isolante. Hochwärmdämmender Fensterrahmen: un chassis de fenêtre hautement isolé. (Beim Einbau luftdicht verkleben: lors du montage, poser une bande autocollante étanche à l'air).

Une fenêtre "chaude" avec un coefficient U inférieur à 0,8 W/(m²K) garantit un très haut niveau de confort. Economie d'énergie et bien-être vont de pair.

Pour un petit film sur le confort des fenêtres de la maison passive, clickez sur le lien suivant: (ne fonctionne pas / attendre version2)

Les fenêtres sont d'une importance capitale pour le confort. Des fenêtres mal isolées créent des zones de froid sur la façade. Du coup, elles obligent un apport de chaleur proche de la fenêtre pour compenser la chute de l'air froid, les sensations de courants d'air et la radiation froide. Une fenêtre bien isoléee, en revanche, peut créer elle-même le confort. De telles fenêtres doivent être développées spécialement pour les maisons passives. On les appelle des fenêtres "chaudes". Entre temps, il y en a plus de 40 fabricants sur le marché européen. C'est ce qui se fait de mieux dans le monde en terme de fenêtres.

Ces fenêtres de maison passive réduisent les pertes de chaleur de l'ordre de 50% comparé à des fenêtres neuves standards. Ce ne sont pas des produits moyens un peu améliorés, mais des produits qui correspondent à un saut technologique. Ces améliorations d'un facteur 2 conduisent à une nouvelle qualité qui se décline de trois manière différente:

- un nouveau confort dans la pièce;
- un bilan énergétique positif, même au coeur de l'hiver;
- une aptitude à l'utilisation dans les maisons passives.

Une fenêtre "chaude" a trois caractéristiques importantes::

- un triple vitrage ou une autre combinaison de verre comparable,
- un raccordement au bord isolée (engl. "warm edge") et
- un chassis de fenêtre spécialement isolé.

Ces composants sont si bien adaptés les uns aux autres, qu'ils forment une fenêtre dont les pertes thermiques sont deux fois plus faibles qu'une fenêtre moderne standard. Cela est nécessaire pour garantir une température confortable des surfaces intérieures pendant les froides nuits d'hiver.

Parce que la fenêtre en même temps permet l'entrée de la lumière solaire directe et indirecte, ces fenêtres de haute qualité permettent un bilan énergétique positif, même pendant l'hiver froid d'Europe Centrale, si évidemment l'orientation est favorable et qu'il n'y a pas trop d'ombrage.

Le coefficient d'isolation thermique U d'une fenêtre "chaude" selon la norme européenne (EN 10077) doit être inférieur à 0,8 W/(m²K). Le peu de perte de chaleur occasionné, permet d'avoir une température de surface intérieure de 17°C, même pendant les nuits les plus froides de l'hiver d'Europe Centrale. Cela permet évidemment d'avoir un haut degré de confort même en proximité des fenêtres. Il n'y a pas de "radiations froides" qui proviennent des fenêtres, ni de "lac d'air froid" sur le sol. Les fenêtres chaudes augmentent donc le confort dans les pièces.

Les fenêtres chaudes sont nécessaires dans toute maison passive nouvelle. Mais elles peuvent être utiles dans n'importe quel autre bâtiment. Par exemple à l'occasion de la rénovation de l'ancien.

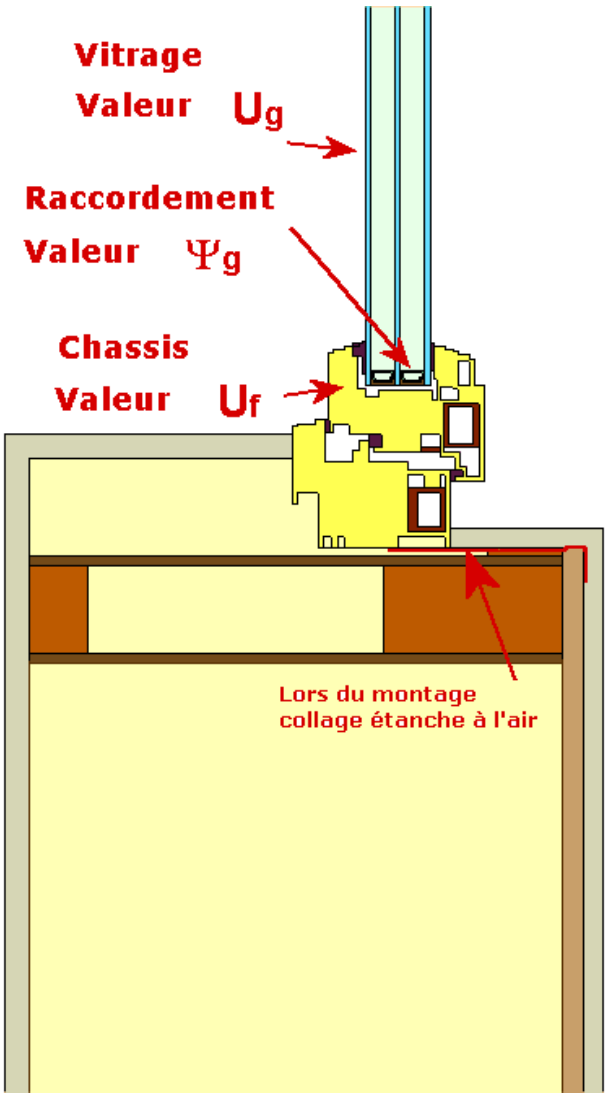
11ème rencontres internationales de la maison passive:

Des fenêtres "maisons passives" de tous types sont à voir sur l'exposition attenante aux "**11ème rencontres internationales de la maison passive**".

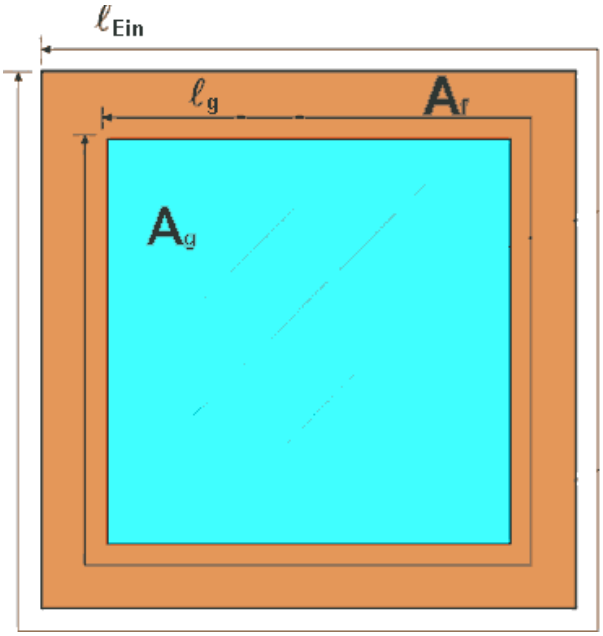
(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Fenêtres - Coefficient de transmission thermique U_W

("w" pour "window")



Une fenêtre "chaude" avec U_f en dessous de 0,8 W/(m²K) garantit un très grand confort.



Ce dessin présente les grandeurs suivantes:

A quoi faut-il faire attention pour les fenêtres maison passive ?

Comme toute fenêtre, celles-ci doivent être facile à utiliser. En ce sens, les fenêtres maison passive ne se distinguent pas des fenêtres standards.

Ce qui s'est révéle indispensable pour la maison passive, c'est le critère de bien-être. La température moyenne de la surface intérieure de la fenêtre, y compris tous les détails de connexion au bâti, ne doivent pas être à moins de 3°C au dessous de la température de la pièce au jour de référence hivernale. De là, les conditions pour chaque région climatique permettent d'en déduire la valeur effective du coefficient U. Pour l'Europe Centrale, la température moyenne de référence est de -10°C, cela donne donc:

L'exigence:

Le coefficient U effectif de la fenêtre ne doit pas être supérieur à 0,8 W/(m²K).

Les fenêtres maisons passives sont en comparaison avec des fenêtres plus standards améliorées d'un facteur 2. Grâce aux pertes de chaleur plus faibles, la température intérieure reste de l'ordre de 17°C, même pendant les nuits les plus froides de l'hiver de L'Europe Centarle. Dans ces conditions, le confort est optimal, même près de la fenêtre. Il n'y a ni "parties froides" sur la fenêtre ni de "lac d'air froid" sur le sol. En ce qui concerne le confort, voir aussi la page correspondante.

Ce qui est donc décisif, c'est le coefficient de transmission thermique, c'est à dire le coefficient U pour la fenêtre. Cette valeur dépend du vitrage, du chassis et du raccordement des deux (voir le schéma sur la page de gauche). Avec de mauvaises valeurs pour le coefficient des fenêtres, la qualité maison passive n'est en général pas atteignable.

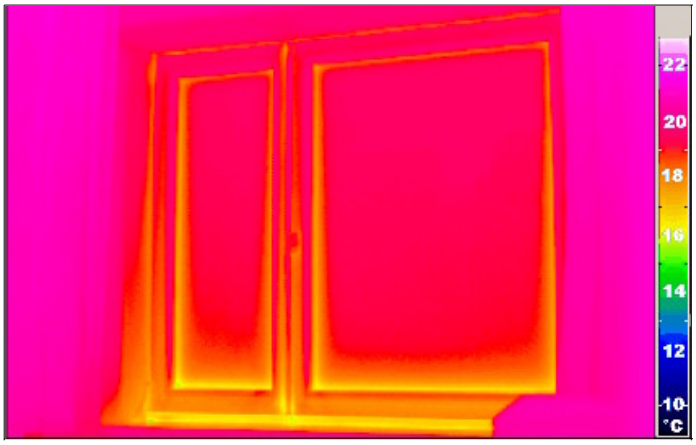
Pour la détermination de la valeur de U pour la fenêtre, il y a une norme européenne: EN 10077. Les valeurs calculées selon cette norme, se sont montrées réalistes. La norme considère notamment les points thermiques entre les vitrages. Ceci n'était pas le cas des normes précédentes. C'est pourquoi ces dernières en général ne prévoyaient que des pertes thermiques beaucoup plus faibles. Les vieilles valeurs comme le k_F ("Valeur k pour la fenêtre"), ne devraient plus être utilisées aujourd'hui.

Dans le calcul de la valeur U de la fenêtre U_F selon la norme EN 10077 sont pris en compte:

- La valeur U du vitrage U_g et la surface du vitrage A_g,

Surface de vitrage	A_g,
Surface du chassis	Af
Périmètre du vitrage	l_g
Périmètre de la fenêtre	l_{Ein}.

Celui qui construit une maison économe en énergie a intérêt à définier les valeurs U des fenêtres et les surfaces vitrées d'après les dimensions réelles. Ce n'est pas particulièrement pénible et assez facile à faire avec le PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket). En effet, l'influence des diemensions exactes des fenêtres et des données réelles des fenêtres ont une grande influence sur le bilan énergétique. Ici, il s'agit d'être précis; cela economise les déceptions, et souvent de l'argent.



Thermographie intérieure d'une fenêtre maison passive. Les surfaces du vitrage et du chassis sont identiquement chaudes (18 à 19°C sur la photo). Pourtant il y a le long du vitrage une baisse de température facilement reconnaissable (jaune, env. 16,5 à 17°C). Les températures sont certes encore suffisamment élevées pour éviter la condensation. Mais les pertes de chaleur sont à cet endroit nettement plus importantes. Du coup, les pertes thermiques du bord du vitrage doivent être prises en considération. Pour les fenêtres de la maison passive, des mesures particulières sont mises en application pour réduire ces pertes: des entretoises isolées ("warm edge") ainsi qu'un enracinement plus profond du vitrage (condition de la photo: température de la pièce 22 °C, température extérieure 2,5 °C; il s'agit d'une fenêtre maison passive de l'immeuble rénové "Place Jean Paul" à Nuremberg). Les températures plus faibles sur le périmètre de la fenêtre, à l'endroit où celle-ci est fixée dans le mur, sont bien visibles.

- La valeur U du chassis U_f la surface de projection du chassis A_f
- le coefficient de pertes thermiques sur le bord du vitrage Ψ_g (qui est prioncipalement déterminé par la bordure du vitrage) et la longueur l_g du bord du vitrage
- a ceci se rajoute le coefficient de perte des ponts thermiques créé par le montage de la fenêtre dans le mur Ψ_{Ein} et la longueur l_{Ein} du bord.

Pour ne pas se leurrer sur les caractéristiques de la fenêtre, il est déterminant de considérer toutes les pertes thermiques citées plus haut. Ceci s'effectue selon la formule suivante:

$$U_W = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g \ (+ \ l_{Ein}\Psi_{Ein})}{A_g + A_f}$$

Les ponts thermiques au bord du vitrage jouent un rôle important. Quand on ne les prend pas en compte, les résultats sont beaucoup trop optimistes. Quelle importance leur attribuer ? On peut s'en rendre compte sur l'image à gauche.

Si on inclut la partie entre parenthèse, qui correspondent au montage de la fenêtre dans le mur, alors toutes les pertes thermiques de la fenêtre ont été prises en compte. Ce calcul est une partie du PHPP (Passivhaus Projektierungs Paketes). Les valeurs qui apparaissent dans la formule sont connues pour les fenêtres maison passive. Elles se trouvent par ex. sur le certificat émis par le Passivhaus Institutes pour la fenêtre correspondante. L'obtention d'un tel certificat est lié à des conditions drastiques. Et les valeurs données doivent être prouvées par le fabricant. C'est à ce prix que le fabricant peut utiliser le sigle de qualité du Passivhaus Institutes:

Passivhaus geeignetes Fenster. "fenêtre de qualité maison passive"

Une fenêtre laisse pénétrer dans la pièce, la lumière solaire directe et indirecte. Le coefficient global de transmission d'énergie, **g** définit la partie de l'énergie solaire qui pénetrera dans le cas d'un radiation perpendiculaire au vitrage. Les fenêtres maison passive doivent avoir un bilan énergétique positif, en hiver aussi. C'est pourquoi, il est demandé au vitrage de respecter:

$$U_g - 1{,}6\ W/(m^2K) \cdot g \ \leq \ 0$$

Qu'une telle condition soit satisfaite et c'est la certitude que pendant la période de chauffage, la fenêtre laissera rentrer plus d'énergie solaire qu'elle ne perd elle-même de chaleur.

Les fenêtres maisons passives ne sont plus des trous noirs énergétiques dans la façade, mais elles permettent en plus de récupérer de l'énergie solaire. Cela est valable tant que la fenêtre n'est pas trop ombragée et qu'elle ait une orientation comprise entre le sud-est et le sud-ouest.

Le PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket) permet

aussi des calculs plus précis.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

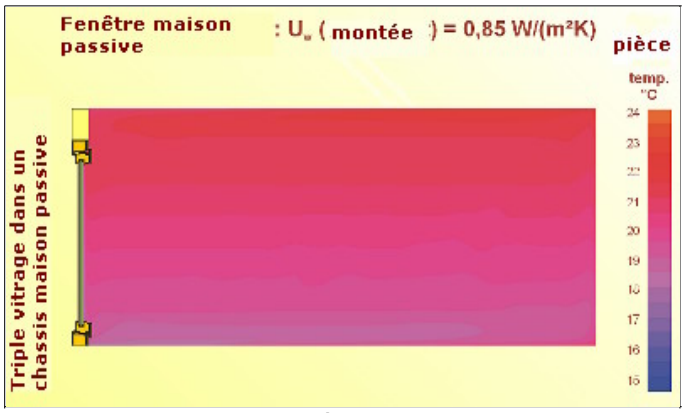
Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Les fenêtres maison passive – une très haute qualité pour les éléments transparents

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

vitrage	simple vitrage	double vitrage	double vitrage isolé	triple vitrage
U_g (W/(m²K))	5.60	2.80	1.20	0.65
Ob.-Temp.	-1.8 °C	9.1 °C	15.3 °C	17.5 °C
g	0.92	0.80	0.62	0.48

Du simple vitrage (tout à gauche) jusqu'aux vitrages maison passive (tout à droite). Il n'y a que ceux-ci qui ont une surface intérieure chaude lorsqu'il fait vraiment froid. Moins de pertes thermiques et un meilleur confort vont de pair.



La stratification de la température de l'air n'est pas perceptible dans le cas des fenêtres maison passive. Dans le cas de fenêtres conventionnelles, en revanche, si. Notre animation (260 kByte) illustre la différence. Du coup, le radiateur n'a plus de nécessité d'être monté sous la fenêtre: il peut aussi être monté sur n'importe quel mur. Et malgré cela, on atteindra un confort maximal selon la classe "A" de confort ASHRAE.

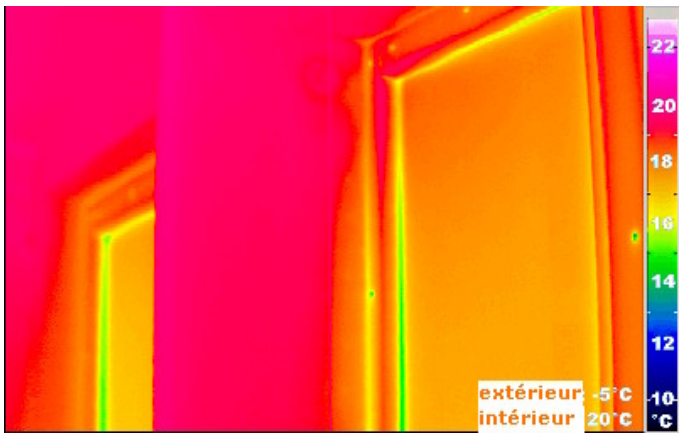


Photo IR de l'intérieur d'une fenêtre maison passive. Tous

Il n'y a aucun autre exemple d'élément du bâtiment dont les développements ont été aussi rapides que pour les fenêtres. Le coefficient de transmission thermique (U_w-Wert) des fenêtres disponibles sur le marché a été diminué d'un facteur 8 en 30 ans !

Simple vitrage - plus que temps de les changer !

Au début des années 70, la plupart des fenêtres étaient du simple vitrage en Allemagne: la valeur U en tait d'environ 5,5 W/(m²K), les pertes themiques annuelles à travers une fenêtre d'1 m² nécessitaient environ 60 Litres de fioul. Chaque mètre carré d'une telle fenêtre coûte anné après année environ 42 € de frais de chauffage. Mais il n'y a pas que les pertes énergétiques qui sont fortes: la mauvaise isolation fait que le froid apparaît directement sur la surface intérieure. Il n'est pas rare de voir la tempérare à cet endroit là, inférieure à 0 °C. Cela se voit sous forme de cristaux de glace. La mauvaise isolation est liée à un confort réduit et un haut risque de dommages.

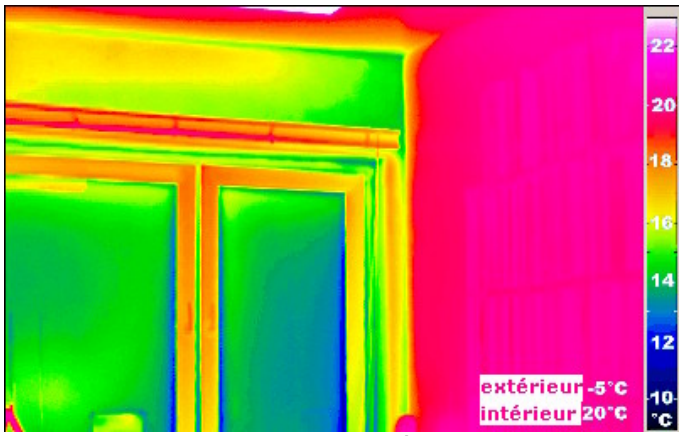
Le double vitrage simple: une étape intermédiaire qui mérite des améliorations

Les doubles vitrages simples étaient un peu mieux. Après la première crise pétrolière, elles ont été installées dans les bâtiments neufs et les rénovations. Entre deux vitres, une couche d'air emprisonnée agit comme isolant. Le coefficient de transmission thermique baisse à environ 2,8 W/(m²K). Cela signifie une réduction de moitié des pertes thermiques par rapport au simple vitrage. La température de surface à l'intérieur est d'environ 7,5°C les jours les plus froids. Les cristaux de glace ont disparu, mais la surface de la fenêtre reste désagréablement froide et par temps froid, elle est humide, car le point de condensation est largement atteint. Les pertes thermiques comptent encore pour env. 21 € par an. En 15 ans, davantage que le prix d'une fenêtre.

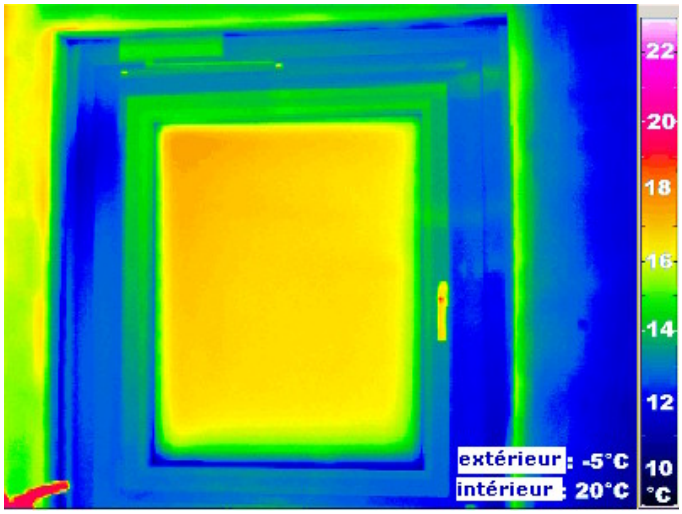
Double vitrage peu émissif: beaucoup mieux, mais pas encore assez bien

Un progrès considérable a apporté l'utilisation de couches métalliques très fines dans l'espace entre les deux verres (en anglais couche **"low-e")**. Cela a permis de réduire considérablement les émissions de chaleur entre les deux vitrages. Par

les composants sont agréablement chauds: chassis, battants et vitrage. Même sur les bords du vitrage, les températures ne baissent pas en dessous de 15 °C sur cette photo (Photo: PHI, Passivhaus Darmstadt Kranichstein; les radiateurs sont placés dans la pièce sur les murs intérieurs).



En comparaison, une fenêtre isolée dans le bâtiment ancien: ici, les températures moyennes au milieu de la surface vitrée sont déjà inférieures à 14 °C. Mais le montage montre des ponts thermiques frappants, particulièrement sur le linteau de béton. (photo: PHI)



En comparaison: un double vitrage performant (ici sur une porte fenêtre qui vient d'être installée) a déjà des températures de surface supérieures (16 °C au centre). Ce qui est frappant sur cette photo, c'est la très mauvaise isolation des chassis conventionnel des la fenêtre. De telles pertes thermiques ne sont plus aujourd'hui nécessaires. Les chassis de fenêtres maison passive permettent une amélioration conséquente de la qualité.

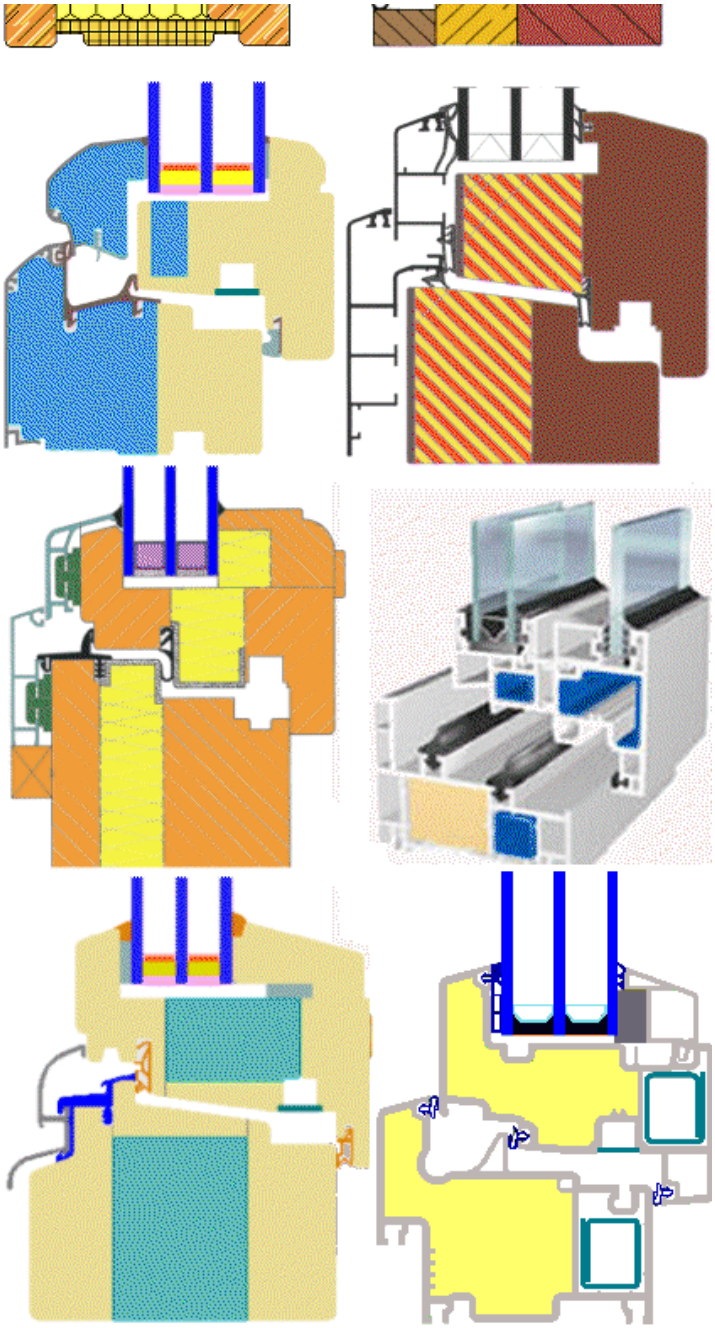
la suite, l'air comme gaz intérieur a été remplacé par un gaz rare (principalement de l'argon) qui conduit moins la chaleur. Les fenêtres présentes sur le marché sous le nom de "**double vitrage peu émissif**" ont été utilisée partout en construction nouvelle et en rénovation après la réglementation sur l'isolation de 1995. Il est intéressant de noter que le produit "vitrage" malgré l'énorme amélioration de qualité n'est pas devenu plus cher. Une fenêtre courante avec un chassis en bois ou en plastique et une bordure habituelle a une valeur de U comprise entre 1,3 und 1,7 W/(m²K). Par là, les pertes thermiques ont été à nouveau diminuées de moitié par rapport au double vitrage simple. La température moyenne de surface est maintenant d'environ 13 °C par grand froid. Pourtant la chute d'air froid le long de la fenêtre est encore sensible et une stratification désagréable de la température dans la pièce n'est pas à exclure.

Triple vitrage: la qualité optimale pour l'avenir de la construction et de la rénovation.

C'est le triple vitrage qui réalise la percée pour la construction basse énergie en Allemagne. Les deux chambres aux couches "low-e" et au remplissage de gaz rares permettent d'atteindre des valeurs entre 0,5 et 0,8 W/(m²K). Si l'on veut obtenir de telles preformances non seulement pour le vitrage, mais aussi pour l'ensemble de la fenêtre, il s'agit d'utiliser un chassis bien isolé et des bordures thermiquement séparées. Le résultat est une fenêtre "chaude" ou fenêtre "maison passive", pour laquelle les pertes thermiques se réduisent à moins de 7 litres de fioul par mètre carré. A peu près un huitième du simple vitrage. Si l'on considère en plus l'énergie du soleil qui traverse gratuitement les fenêtres maison passive même au plus froid de l'hiver, cela réduit à zéro les pertes thermiques nettes. A propos: le triple vitrage se justifie aujourd'hui pour tout achat de fenêtre, rien que par les économies d'énergie réalisées.

Ce n'est pas un hasard si les pertes thermiques nettes sont dans une maison passive négligemment faibles. Aussi faibles que (grâce à l'isolation) dans les autres éléments du bâti. Le niveau d'isolation de l'enveloppe isolée (avec une valeur U d'environ 0,15 W/(m²K)) passe tout à fait avec la bonne isolation des fenêtres maison passive. C'est avec ces deux qualités ensemble que la maison passive est vraiment possible dans l'Europe Centrale froide et humide. Il en résulte une maison avec des pertes thermiques ridicules. Une maison qui n'en est pas moins confortablement chaude et qui peut se chauffer exclusivement avec la chaleur récupérée de l'air sortant.

La fenêtre maison passive ne se distingue pas uniquement par de faibles pertes thermiques, mais aussi par un confort largement amélioré. Par grand froid, la température en surface ne descend pas au



Exemples de fenêtres maison passive avec des chassis isolés. Les fenêtres maison passive seront présentées au cours de l'exposition accompagnant les 11ème rencontres de la maison passive.

Les fenêtres maison passive. C'est un exemple pour "Energy made in Europe", l'énergie produite par elle-même sous forme d'efficacité: durable, soutenable, neutre pour le climat et confortable. La plus grande partie de l'énergie jusqu'ici "jetée par les fenêtres" est économisée. Seule une toute petite partie de l'énergie doit encore être produite. Et cela se fera de manière soutenable à partir des sources d'énergie régionales et locales.

dessous de 17 °C. Dans ces conditions le "rayonnement froid" des fenêtre n'est plus perceptible. Il n'y a plus non plus de stratification de la température dans la pièce, même lorsqu'il n'y a plus de radiateurs sous les fenêtres. Bien sûr, cela implique que les autres critères de la maison passive soient respectés: étanchéité à l'air et absence de ponts thermiques. Alors, le confort thermique dans la pièce est indépendant de la façon dont la chaleur y est apporté. Que cela ait pu être rendu possible, les fenêtres maison passive y ont joué un grand rôle.

L'exposition attenante aux 11èmes journées de la maison passive donnera l'occasion de voir de près les composants de la fenêtre "chaude":

- triple vitrage,
- chassis isolés en bois,
- chassis isolés en matériau plastiques,
- constructions montant-linteau isolantes,
- entretoises thermiquement isolées,
- aides au montage pour éviter les ponts thermiques et assurer l'étanchéité à l'air des fenêtres.

Les fenêtres maison passive sont des produits de grande qualité, qui entre temps sont proposées sur le marché par plus de 40 fabricants. Les économies d'énergie par rapport à des fenêtres plus standards ne sont pas négligeables, puisqu'elles représentent près de la moitié de l'énergie qui aurait été sinon perdue. Ces fenêtres n'économisent pas uniquement l'énergie et par la même occasion de l'argent, mais elle concourent à préserver le climat. Les fenêtres maison passive sont un exemple type pour une technique efficace qui a été développée en Europe, qui crée de l'emploi et en même temps allège la facture énergétique.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Peut-on ouvrir les fenêtres dans une maison passive ?

aufbereitet vom Passivhaus Institut

Passivhaus Kranichstein

Une question souvent posée. La réponse tout de suite:

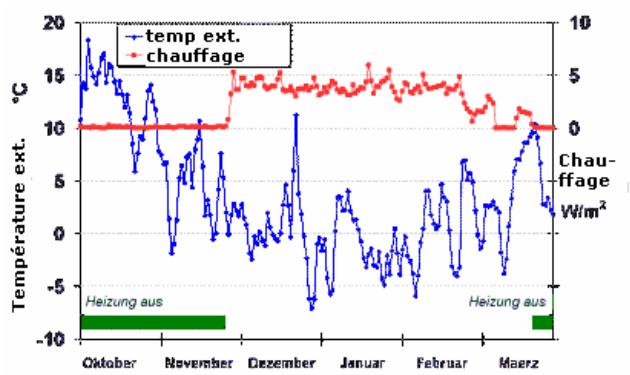
Oui, on peut ouvrir les fenêtres dans une maison passive.
Et: oui, on a le droit d'ouvrir la fenêtre.

Dans cet article, vous en trouverez les preuves: résultats des études scientifiques et des exemples.

Usine maison passive Zwingenberg

Maison passive à Hamburg Villa Pingouin

Maison passive à Hamburg rue Telemann



Le temps de chauffe est court dans une maison passive
(Mesures effectuées dans la maison passive Darmstadt

Les fenêtres dans une maison passive: bien sûr qu'on peut les ouvrir

Toutes les maisons certifiées par le Passivhaus Institut, ont des fenêtres que l'on peut ouvrir. Selon les possibilités, chaque pièce en a au moins une. Une fenêtre optimale est celle que l'on peut basculer et ouvrir.

Pourquoi des fenêtres que l'on peut ouvrir ?

Il y a plein de raisons pour lesquelles on souhaite ouvrir une fenêtre: appeler quelqu'un, écouter les oiseaux, aérer fortement,... Ces souhaits sont de première importance, même s'ils devaient conduire à une augmentation de la consommation d'énergie (ce qui n'est pas le cas dans une maison passive, voir plus bas).

Les maisons passives dans la zone "allemande" n'ont pas besoin l'été d'un rafraichissement actif (pas besoin de climatisation). Elles restent pourtant fraîches pendant les périodes de canicules. Mais cela implique que l'aération nocturne soit suffisante. Et cela fonctionne de la manière la plus simple... en ouvrant les fenêtres. Un bâtiment sans fenêtres ouvertes pendant la nuit, a besoin soit d'une ventilation très forte (2 à 5 changement d'air complet) soit d'une climatisation. Et ceci n'est pas uniquement valable que pour les maisons passives.

Presque toute l'année comme début juin

Vous connaissez les conditions dans une maison traditionnelle début juin ? La météo typique de l'Europe Centrale permet d'arrêter le chauffage. Bien sûr, la température moyenne extérieure n'est encore que de 17°C, mais les sources internes de chaleur et le rayonnement du soleil à travers les fenêtres chauffent la maison à une température agrable. Il peut même parfois faire trop chaud. Alors, les habitants ouvrent les fenêtres. Qu'il fasse trop froid, et ils referment les fenêtres. Début juin, toutes les maisons d'Europe Centrale sont des maisons passives.

Dans une vraie maison passive, la saison ou la

Kranichstein)

La moitié de l'année comme au début du mois de juin...
Rénovation dans l'ancien qui a été réalisée avec des composants de la maison passive. Photo prise en mai 2005 (Photo WF)

Le lotissement maison passive de Wiesbaden a été construit en 1988. Les mesures documentés qui suivent proviennent de là (un projet de Faktor10).

maison fonctionne sans chauffage est beaucoup plus longue. Selon le lieu, l'utilisation et les habitudes, cette saison commence en mars avril et se termine en octobre ou novembre. A cette époque, on utilise les fenêtres dans une maison passive comme on les utilise dans une maison traditionnelle au début du mois de juin:

"J'ouvre les fenêtres quand j'en ressent le besoin. S'il fait trop froid, je referme la fenêtre. La chaleur revient vite (en déans 2 minutes) même sans chauffage."

Le témoignage d'une habitante de longue date d'une maison passive.

Et comment ca se passe l'hiver?

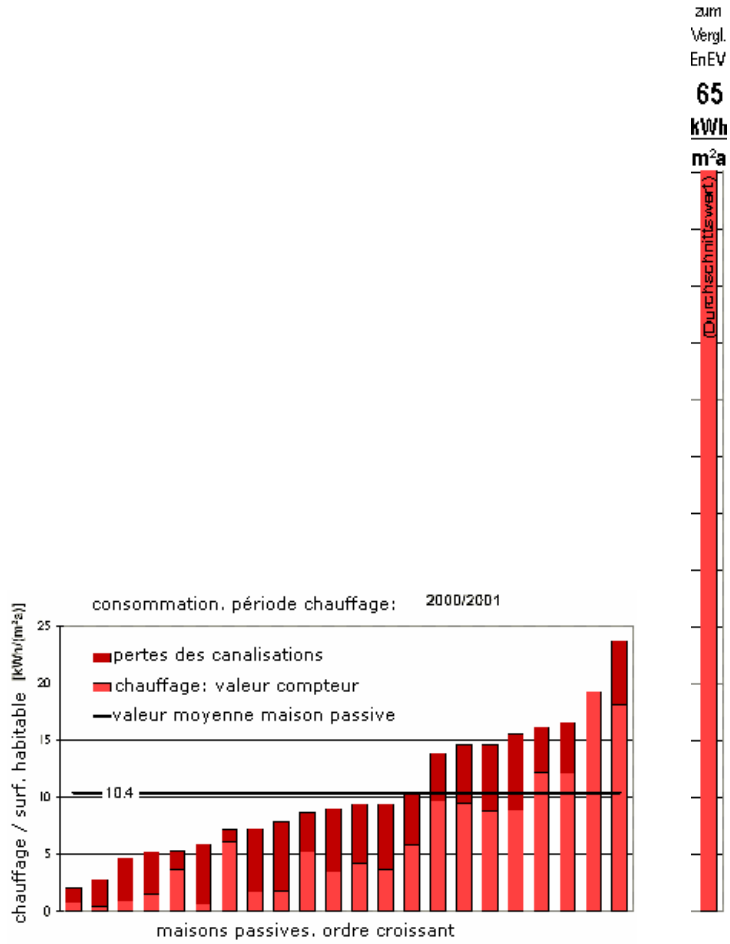
Dans une maison passive, l'époque du chauffage correspond d'une manière assez précise avec "l'hiver" calendaire: le chauffage débute mi-décembre et se termine mi-mars (selon le climat régional, l'utilisation et les détails du bâtiment, le moment peut se décaler de +/- un mois). Le reste du temps, le chauffage est éteint et l'ouverture des fenêtres comme décrit dans le précedent paragraphe.

Quand le chauffage marche, et que les denêtres sont ouvertes, cela occasionne évidemment une perte de chaleur supplémentaire. En cela, les maisons passives ne diffèrent pas des maisons traditionnelles.

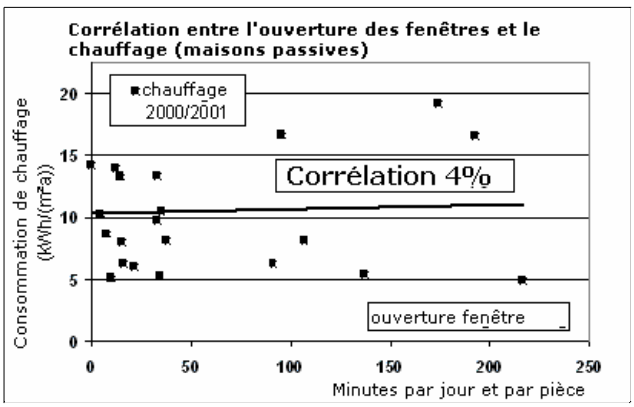
De nombreuses recherches publiées ces dernières années montrent que les habitants ouvrent beaucoup moins les fenêtres au plus froid de l'hiver qu'aux autres époques de l'année (voir colonne de gauche). Cela est assez facile à comprendre qu'une fenêtre ouverte par temps de gel, de tempête ou de pluie n'améliore pas vraiment le confort... L'ouverture "normale" des fenêtres l'hiver ne permet même pas un échange d'air suffisant pour assurer une qualité acceptable de l'air intérieur. C'est montré d'une part par les dommages dûs à l'humidité dans les maisons traditionnelles et d'autre part par les mesures de (mauvaise) qualité de l'air ainsi que par les mesures des échanges d'air. C'est pourquoi il existe tant de brochures qui insistent sur la nécessité d'une ouverture régulière des fenêtres. Pour l'utilisateur normal, c'est gênantet même surtout impossible: en fait dans une maison traditionnelle, il faudrait ouvrir largement les fenêtres toutes les 3 à 4 heures pendant 3 à 8 minutes pour faire sortir l'air vicié d'une manière complète, et cela nuit et jour... En pratique, l'hiver on aère beaucoup moins. Et s'il n'y avait pas toutes ces invitations à le faire, on le ferait encore beaucoup moins (au moins toutes les 6 il faudrait aérer en grand. voirla page "compléments sur la ventilation"; comme cela ne fonctionne pas dans la pratique, cela explique pourquoi la ventilation est si importante).

Dans la maison passive, le problème de l'aération est réglé. Une arrivée d'air neuf suffisante est garantie à tout moment. L'humidité générée dans la maison ainsi que l'air vicié sont évacués, que les habitants de la maison pensent à ouvrir les fenêtres ou pas. L'ouverture des fenêtres ne se produit que si l'utilisateur en ressent vraiment le besoin

Et pourtant pas de pertes thermiques excessives ?



*Ce graphique montre les résultats de **mesures de consommation de chaleur**, correspondant à la même année ou les ouvertures de fenêtres ont été enregistrées. Les consommations individuelles sont largement différenciées. Et pourtant l'ouverture des fenêtres n'y est pour rien. D'ailleurs la consommation individuelle la plus élevée est en fait assez faible: 24 kWh/(m²a) ce qui correspond à moins de 2,5 Litre de fioul par mètre carré et par an. La moyenne est de 1 Litre. ([Ebel 2001]). Tout à droite (séparé) est présentée à titre de comparaison la moyenne de consommation de chaleur d'un lotissement construit selon la "Energiesparverordnung" (EnEV) actuelle (NDLT: une norme plus stricte, mais comparable à la RT2005). Des résultats plus précis concernant les constructions neuves, vous les trouverez sur la page "les valeurs de consommation relevées".*


Corrélation entre l'ouverture des fenêtres et le chauffage (maisons passives)
chauffage 2000/2001
Corrélation 4%
ouverture fenêtre
Consommation de chauffage (kWh/(m²a))
Minutes par jour et par pièce

***Corrélation? Erreur !** Une influence significative de l'ouverture des fenêtres sur la consommation de chaleur n'est pas décelable. D'où viennent les différences, alors ? C'est expliqué ici.* Source: [Ebel,Kah 2003]

Evidemment que l'ouverture des fenêtres l'hiver augmente les pertes thermiques et pendant la période de chauffage, augmente le besoin en chaleur de la maison. Pour les maisons passives, de la même façon que pour les maisons traditionnelles.

Ce qui a été surprenant pour la science fut que cette perte supplémentaire est dans 95% des cas tout à fait négligeable et que *dans tous les cas, jamais suffisamment importante pour que la fonction maison passive soit remise en question.* La consommation deviendra certes un peu plus importante, généralement de 1 à 2 kWh/(m²a) et dans des cas extrêmes jusqu'à 17 kWh/(m²a). Elle demeure cependant toujours très faible en comparaison des consommation enrégistrées dans les maisons traditionnelles. Les différences de consommation liés à des souhaits de température différents dans la maison, sont beaucoup plus importants.

Ainsi, bâtir une maison passive reste plus que jamais valable, sans qu'il soit besoin de changer ses habitudes. D'ailleurs, on peut arrêter les grandes aérations pendant l'hiver et la maison restera toujours confortable et l'air intérieur pur.

Difficile à croire...

Cela semble si simple que cela ne correspond pas aux clichés de la plupart des personnes concernant une maison économe en énergie, voire une maison extrêmement économe en énergie.

Cela est compréhensible et justfié, car le scepticisme envers la nouveauté et l'inconnu protège des déconvenues.

En ce qui concerne l'ouverture des fenêtres dans une maison passive, il existe les nombreuses années d'expérience d'un grand nombre d'utilisateurs. Ci-dessous le témoignage d'un habitant d'une maison passive qui le décrit avec ses propres termes:

"'Si nous souhaitons ouvrir les fenêtres l'hiver et combien de temps, cela reste du ressort de notre propre décision. L'influence que cela a sur le concept de maison passive est négligeable. Cela dit, quand le thermomètre descend en dessous de zéro, il n'y a personne (même dans les maisons traditionnelles) qui ouvre les fenêtres ou les portes plus de quelques minutes. Ce n'est d'ailleurs pas nécessaire d'ouvrir les fenêtres puisque la ventilation (à ne pas confondre avec climatisation) assure constamment une quantité suffisante d'air neuf. Le climat des pièces est d'une meilleure qualité que dans une construction récente de qualité moyenne, dans laquelle en fait les aérations multiples n'ont pas lieu l'hiver. Les problèmes de champignons liés à l'humidité ambiante ne peuvent pas se produire dans une maison passive. L'été, la maison passive est une maison normale, dans laquelle on ouvre les fenêtres la nuit pour assurer le rafraîchissement des pièces. La maison dans laquelle j'habite a été conçue pour consommer 13,6 kWh par mètre carré par an et elle atteint selon les analyses 12,9 kWh: avec des conditions réelles d'utilisation et sans restriction du comportement (voir www.passivhaus-vauban.de)."

Dans la mesure ou la maison passive est depuis longtemps sortie de la phase "recherche et développement" (elle est depuis des dizaines

Wiesbaden; on y reconnait le capteur qui a servi à l'analyse de l'ouverture des fenêtres (flèche).

Les maisons passives économisent l'énergie. Pas juste un petit peu, mais de manière globale. Et elles n'économisent pas seulement sur le papier, mais aussi dans la pratique. Ce graphique montre les valeurs de consommation relevées (voir la page "les valeurs de consommation relevées") dans des bâtiments existants, des maisons basse énergie et des lotissements de maisons passives.

Dans les 114 logements maison passive du projet CEPHEUS , on a relevé une économie moyenne de 90%. La maison passive est une maison "facteur 10": on n'y utilise qu'un dizième de l'énergie de chauffage nécessaire dans les ocnstructions plus anciennes.

Grâce à l'intelligence du concept, on atteint de plus une nouvelle qualité d'habitation, qui se traduit par un confort accru, une habitation saine et un coût de construction acceptable. Le concept de la maison passive est librement disponible. N'importe quel architecte peut dessiner une maison passive. Pas à pas dans la planification des constructions neuves, le stadard de maison passive peut être atteint (voir la page: "pas à pas vers la maison passive")

Est-ce que la construction des maisons passives est rentable ? Un calcul à titre d'exemple est expliqué. (voir la page "la rentabilité des maisons passives").

Mais lors de la rénovation de l'ancien les composants de la maison passive peuvent être utilisés avec succès (voir la page "la rénovation" et les exemples).

d'années mise en pratique), il y a une façon facile de savoir comment elle se comporte: visiter les maisons passives et parler avec leurs habitants. Au cours des journées de la maison passive, les personnes intéressées peuvent se faire leur propre avis sur la question. Les maîtres d'oeuvre et les propriétaires des maisons passives vous proposent de les visiter. La maison passive est un concept pour tous. Tout maître d'oeuvre, architecte, maître d'ouvrage ou investisseur peut et doit bâtir des maisons passives.

La maison passive n'est pas une marque de commerce, mais un concept de construction qui est ouvert à tous. Pour des exemples, voir la page "des exemples de maisons passives". Cela dit, chacun peut faire évaluer la qualité de sa maison passive par une institution indépendant. Il existe des offres de différents bureaux de contrôle de la qualité.

Litérature

[Ebel 2001] W. Ebel, M. Großklos, T. Loga, K. Müller, B. Steinmüller: **habiter dans les maisons passives et à basse énergie,** IWU, 1. Auflage 2001 (vgl. auch den folgenden im Internet frei verfügbaren Auszug: Passivhaussiedlung Wiesbaden (pdf)

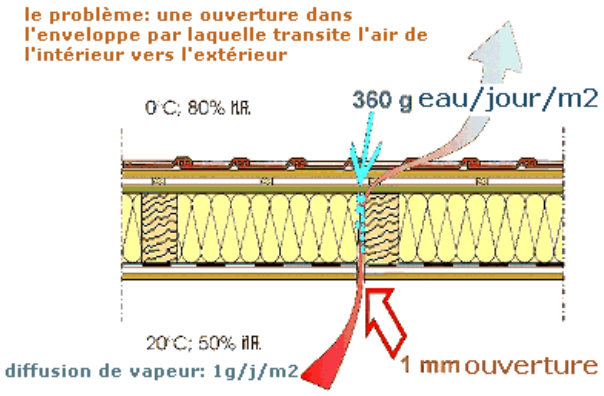
[Ebel, Kah 2003] W. Ebel, O. Kah: **Mesures au gaz traçant: Tracergasmessungen: effet de l'ouverture des fenêtres dans le cas de la ventialtion contrôlée**; im Tagungsband der 7. Passivhaustagung Hamburg, Passivhaus Institut, 1. Auflage 2003

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

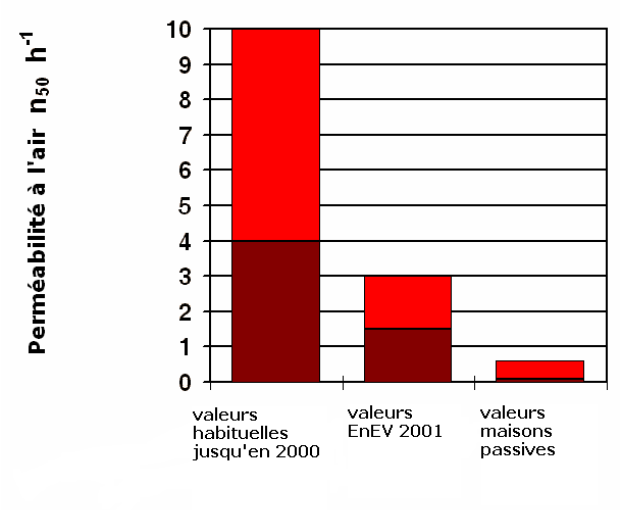
L'étanchéité à l'air évite les dommages au bâti

aufbereitet vom Passivhaus Institut


le problème: une ouverture dans l'enveloppe par laquelle transite l'air de l'intérieur vers l'extérieur
0°C; 80% HR
360 g eau/jour/m2
20°C; 50% HR
diffusion de vapeur: 1g/j/m2
1 mm ouverture

A travers des éléments de construction qui ne sont pas suffisamment étanches à l'air, l'air chaud et humide peut trouver un passage de *l'intérieur vers l'extérieur*. Cela explique pourquoi il peut se produire sur les pièces froides de la construction une condensation importante. Une grosse partie des dommages aux constructions se produisent de cette manière. Une solution est de construire d'une manière étanche.

L'étanchéité n'est pas un luxe de la construction économe en énergie, mais bien plutôt une necessité , lorsque l'humidification des éléments de construction est en jeu. Les trous dans l'enveloppe permette justement à l'air sortant de faire rentrer beaucoup d'humidité dans les pièces de la construction.



L'étanchéité à l'air des maisons passives een comparaison des constructions plus anciennes et les exigences de la directive EnEV (NDLT: comparable à la RT2005). Celui qui ocnstruit aujourd'hui doit faire attention à l'étanchéité à l'air. Une amélioration à postériori est toujours difficile et uniquement possible dans le cadre d'une rénovation complète.

L'enveloppe extérieure du bâtiment doit être étanche le plus possible. Et ce n'est pas valable que pour les maisons passives, d'ailleurs. Il n'y a que l'étanchéité à l'air qui permette d'éviter les dommages au bâti liés à l'air sortant humide (voir le schéma sur le côté gauche). D'autant plus que les habitants d'aujourd'hui n'acceptent plus les pièces "courant d'air". Une construction étanche à l'air implique un meiller confort. Du coup, les régles de la construction moderne favorisent l'étanchéité à l'air, et c'est bien comme ça. Et pour une maison passive, c'est d'autant plus important.

Etanchéité à l'air ne doit pas être confondu avec isolation thermique. Ces deux caractéristiques sont importante pour l'enveloppe du bâtiment, mais elles doivent généralement être obtenues de façon séparée:

- Un élément d'isolation ne doit pas être forcément étanche à l'air: par ex. on peut insuffler à travers une natte de coco de la cellulose ou une laine de roche. Ces matériaux isolent très bien, mais ne sont pas étanches à l'air. Le seul isolant qui est en même temps une "couche" étanche est la mousse de verre.
- Parallèlement, un élément étanche à l'air ne doit pas forcément isoler: par ex. l'aluminium est absoluement étanche, mais n'est pas isolant.

L'étanchéité à l'air est une condition importante pour une construction économique en énergie, mais pas la plus importante ! (quelques publications populaires semblent en avoir diffusé l'idée. La condition sine qua non en est une bonne isolation).

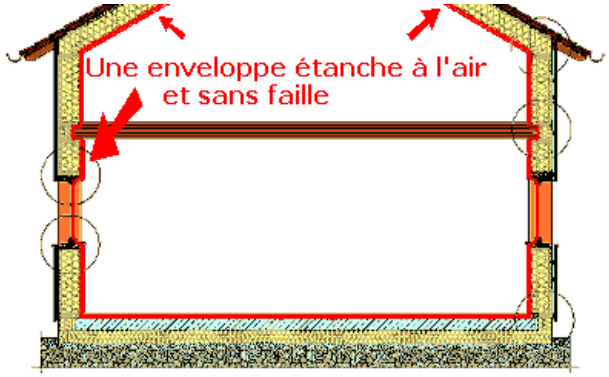
L'étanchéité à l'air ne doit pas non plus être confondue avec l'étanchéité à la diffusion: un papier huilé est par ex. étanche à l'air mais ouvert à la diffusion. De même pour un enduit intérieur standard, (enduit plâtre, enduit à la chaux, enduit au ciment ou bien enduit au torchis) il est suffisamment étanche à l'air, mais ouvert à la diffusion.

La "ventilation par les joints" ne peut assurer un échange d'air suffisant. Les maisons construites en Allemagne après 1984 sont déjà si étanches que la seule "ventilation par les joints" ne suffit plus à renouveler l'air de manière satisfaisante. D'après les exigences de la construction, ces maisons ne sont plus suffisamment étanches. D'après les mesures faites après coup, même les constructions nouvelles sont plutôt "perméables": les valeurs de n_{50} varient entre 4 und 10 h^{-1}. Les problèmes de courants d'air et de dommages aux construction n'en sont donc pas éliminés. La situation en Allemagne peut être résumée par la phrase suivante:

Aujourd'hui on construit trop perméable pour éviter les dommages et trop étanche pour permettre une ventilation suffisante.

Avec la réglementation thermique de (EnEV) du 01.02.2001 a été fixée pour la première fois en Allemagne une valeur cible pour les bâtiments futurs: sans ventilation mécanique, les test de pression[1]) (n_{50}-Werte) ne doivent pas dépasser 3 h^{-1}, avec une ventilation mécanique 1,5 h^{-1} . L'expérience acquise avec les maisons basse énergie montre qu'il est de bon conseil de viser des valeurs plus faibles (n_{50}).

Dans les maisons passives, ont atteint régulièrement de bien meilleures valeurs: n_{50} ne doit pas être supérieur à 0,6 h^{-1} . Dans



Les détails sont importants. Ce qui est avant tout déterminant est que le concept de base soit cohérent ! Une enveloppe ne peut être vraiment étanche à l'air que lorsque que ***l'enveloppe unique et sans faille couvre toutes les parois du volume chauffé.***

Concept d'étanchéité à l'air:

1. Pour toute partie extérieure du bâti doit être défini l'élément qui se charge de l'étanchéité à l'air (par ex. le panneau OSB dans le cas d'une construction de toit, l'enduit intérieur pour un mur de maçonnerie, la dalle de béton entre la cave et le REC,...). La situation de ce niveau étanche sera représenté par un trait rouge dans la coupe ou le plan. Le volume chauffé doit être complètement emprisonné dans ces couches étanches.
2. Dans un second temps, il faut planifier comment ces éléments étanches se raccordent de manière étanche entre eux. Important: ca ne suffit pas par ex. de "raccorder" les chassis de fenêtre au mur de maçonnerie (le niveau mur de maçonnerie n'est en effet pas étanche !). Le chassis doit être raccordé de manière étanche à la partie étanche du mur extérieur, c'est à dire à l'enduit intérieur ! Par ex. par le biais d'une bande adhésive qui soit ensuite recouverte d'enduit ou bien d'un plinthe.
3. Dans un troisième temps, il faut prévoir les percements: câbles électriques ou tyauteries, qui traverse le plafond de la cave, les prises électriques (!) dans les murs extérieurs,... Pour ces tâches, il existe aujourd'hui des solutions qui ont fait leurs preuves.

Les isolants ne sont en général PAS étanches à l'air. Cela implique que l'enveloppe étanche doit être conçue et réalisée à part. Dans la construction bois, on utilise en général des panneaux de particules (collées aux raccords), dans la construction massive, un enduit intérieur continu suffit. Ce qui est important est que l'enveloppe étanche soit réalisée sans coupures. C'est particulièrement aux raccordements que cela doit être correctement conçu et réalisé avec grand soin.

Les architectes de la maison passive maîtrisent surtout la conception des détails de connexion. Les fabricants offrent des produits adaptés à des éléments extérieurs suffisamment étanches.

la pratique on atteint Praktisch erreicht werden fréquemment des valeurs entre 0,2 et 0,6 h^{-1}.

Construire étanche à l'air n'est pas une question de type de construction

Les exemples de maisons passives réalisées en maçonnerie, en bois, en préfabriqué, par éléments de coffrage et en construction métallique le prouvent. Sören Peper de l'Institut de la maison passive a prouvé par des études systématiques que des valeurs de n_{50}-Werte entre 0,2 et 0,6 h^{-1} sont aujourd'hui atteignables de manière reproductibles, si l'on conçoit soigneusement et l'on réalise scrupuleusement. Il existe d'ailleurs des détails de réalisation pour toutes les connexions importantes et les percements.

Principes

Ce qui est important, c'est le principe "d'une enveloppe continue étanche", assez facilement compréhensible avec la méthode du "stylo rouge" (voir ci-contre, troisième schéma à partir du haut).

Ce qui est déterminant, c'est que le concept d'étanchéité soit conçu de manière durable. Les concepts qui garantissent l'étanchéité sur le long terme ont été analysés par le Passivhaus Institut dans le cadre d'un projet IEA. Un résumé des résultats les plus importants, vous le trouverez dans un article deSören Peper.

11èmes rencontres de la maison passive

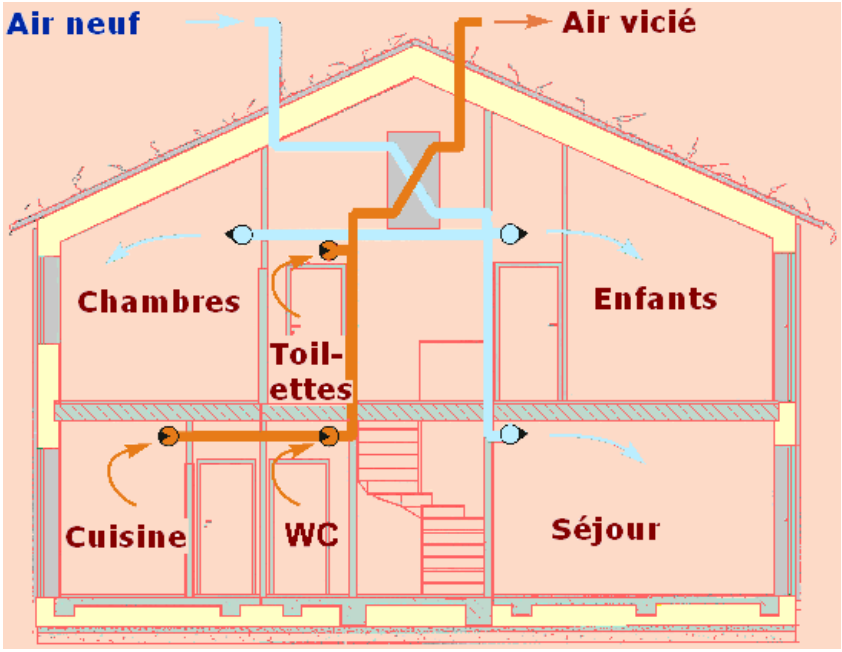
Les expériences de conception et de réalisation d'une enveloppe étanche seront traités dans le groupe de travail "Nouveautés de la recherche et developpement".

Des produits pour une construction durable étanche à l'air, vous en trouverez dans l'exposition attenante. Le "Blower-Door-tes"[1]) sera lui-même présenté, en même temps que des conseils seront proposés.

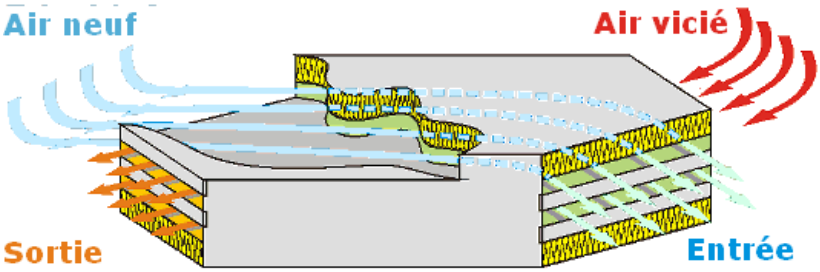
[1]) le test de pression ou valeur n_{50} est une mesure de la perméabilité des bâtiments. Cette valeur est donnée débit de renouvellement d'air sous une différence de pression de 50 Pa (unité de mesure: h^{-1}). Cette valer peut facilement être mesurée à l'aide d'un Blower-Door. En Allemagne il y a de nombreux bureaux d'études compétents qui proposent de telles mesures.Pour les maisons passives, le test de pression est indispensable.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Les maisons passives: toujours avec la ventilation qui assure le confort



Le principe d'une **ventilation confortable**: l'air vicié (en brun) est constamment éliminé des pièces les plus "chargées". L'air neuf est amené dans les pièces de séjour. Un air intérieur de qualité est une composante essentielle pour assurer un habitat sain et confortable.



Le fonctionnement d'un échangeur de chaleur à flux inversé: l'air vicié (en rouge) s'écoule dans une canalisation et perd sa chaleur au profit de la plaque supérieure et inférieure. Il en sort refroidi (en orange). De l'autre côté des plaques entre l'air frais. Il récupère la chaleur disponible et ressort de l'échangeur réchauffé, mais toujours propre (turquoise clair). Le pricipe de flux inversé permet de combler près de 100% de la différence de température.

L'échangeur de chaleur à récupération de chaleur permet de récupérer l'énergie d'une manière qui fait du bien au porte monnaie, mais qui est en plus écologique et surtout saine. Sans avoir à ouvriri constamment la fenêtre, il y a toujours de l'air frais dans la maison. Cela concerne tous les bâtiments, pas simplement la maison passive.

La santé et le confort pour les habitants sont les objectifs les plus importants de la conception de toute maison. La qualité de l'air intérieure notamment est indispensable. Celle-ci n'est atteignable que si l'air vicié est régulièrement échangé contre de l'air neuf. En ouvrant les fenêtres deux fois par jour, on n'y arrive pas. (voir la page "compléments sur la ventilation").

La ventilation ne fonctionne de manière vraiment efficace que lorsque *l'air vicié est constamment extrait de la cuisine, de la salle de bain, des toilettes et des autres pièces semblables*. L'air neuf extérieur est quant à lui amené dans le séjour, les chambres d'enfants, les chambres et les pièces de travail. Le graphique sur la partie gauche en montre le principe.

On utilise autant d'air neuf que le confort et la santé des habitants l'exigent. Dans les pièces de sejour, arrive directement l'air entrant. Ce qui permet de garder un haut degré d'hygiène de l'air.

Tel qu'on l'a décrit jusqu'ici, la ventilation pourrait fonctionner avec une VMC simple. Les entrées d'air frais (froid) laissent pénetrer suffisamment d'air dans les pièces. Pour une maison passive, les pertes calorifiques de l'air sortant seraient beaucoup trop importantes. Le bilan énergétique s'en ressent et ne pourrait être équilibré que par un apport calorifique de chauffage important.

Les maisons passives ne fonctionnent, notamment en Europe Centrale que grâce à une ventilation à récupération de chaleur extrêmement efficace. Elle permet de récupérer la chaleur de l'air sortant et dans un échangeur de chaleur de la transmettre à l'air entrant (sans que les deux flux d'air ne se mélangent). La technique de ventilation moderne permet aujourd'hui une récupération de 75 à plus de 95%. C'est l'échangeur de chaleur à flux inversé et les ventilateurs spéciaux (à moteur EC de haute efficacité) qui permettent de récupérer la chaleur avec une efficacité de 8 à 15 fois supérieure au courant électrique consommé.

(voir la page "ventilation et qualité de l'air").

Les ventilations très efficaces développées pour les maisons passives ont fait leur preuve dans les rénovations de bâtiments existants. Elles concourent à l'amélioration de la qualité de l'air, elles évitent la formation de champignons sur les élements extérieurs et aident à économiser l'énergie.

Une autre possibilité d'améliorer l'efficacité

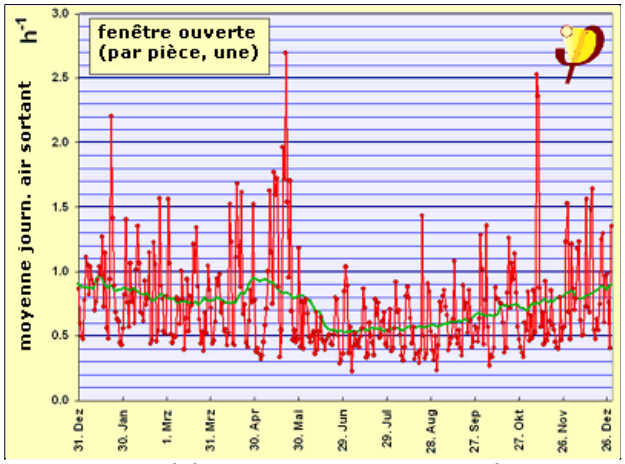
des ventilations est de les coupler à un échangeur de chaleur géothermique. La terre est en moyenne plus chaude l'hiver et plus fraîche l'été que l'air environnant. L'air entrant se fait donc réchauffer ou refroidir selon les saisons. Cela peut être réalisé soit directement par des canalisations d'air enterrées ou bien indirectement par un système hydraulique.

Un groupe de travail se consacre aux progrès actuels en terme de technique de ventilation.

Les appareils compacts (voir la page "ventiler et chauffer avec un seul appareil") sont des appareils qui intègrent toute la "domotique" (ventilation double flux, échangeur de chaleur, chauffage d'appoint, ECS, etc...) dans un seul et unique dispositif, comme cela est rendu possible par la maison passive.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

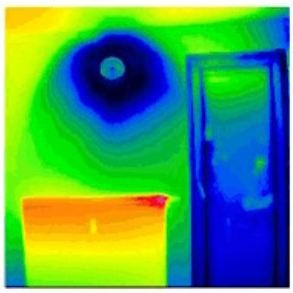
La ventilation dans la maison passive - cela ne marche qu'avec la plus grande efficacité



Le vent et la météo changent. Tout comme l'échange d'air dans le cas de l'aération "libre". S'il faut que celle-ci soit suffisante aussi les jours de calme, alors les pertes thermiques sont insupportablement élevées les jours de tempête. C'est pourquoi la ventilation "par les fissures" n'est plus acceptée aujourd'hui par les habitants.

"respiré 3742 fois, chauffé 1l d'eau pour le thé, arrosé les fleurs, éternué 3 fois légèrement, lavé 2 paires de chaussettes et pleuré pendant 1,6 min en épluchant les oignons... hmm... d'après mes calculs, je pourrais ouvrir la fenêtre pendant 4,3 min avec appel d'air, c'est à dire de l'ordre de 2,5 cm..."

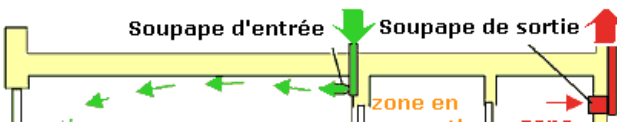
C'est pas si simple l'aération...(voir la page "compléments sur la ventilation").



une bouche d'aération correctement posée au dessus du radiateur.

ebök

Photo infrarouge d'une bouche d'évacuation d'air d'une VMC aspirante. Une solution acceptable pour une maison basse énergie, lorsque le radiateur est placé sous la bouche. (Photo et IR: ebök). Pour une maison passive l'air froid qui en "tombe" n'est pas acceptable, tout comme la forte perte thermique associée.



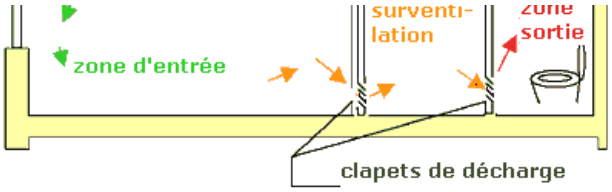
Une ventilation ajustée sur le besoin en air neuf est indispensable dans toute maison passive. Les raisons en sont les suivantes:

- Un échange d'air régulier, sûr et suffisant pendant les mois froids, n'est possible qu'avec une ventilation contrôlée. Cela est d'ailleurs aussi valable pour les ocnstructions neuves.

- **En aucun cas, une ventilation "par les fissures" n'est satisfaisante** (voir aussi la page "l'étanchéité à l'air"). Le vent et les températures changent beaucoup trop. Une maison qui est suffisamment perméable à l'air les jours de vent faible, devient inconfortable les jours de grand vent.(voir l'image en haut à gauche). Toutes les constructions récentes sont suffisamment étanches pour que l'échange d'air "par les fissures" ne permette plus d'assurer une qualité d'air intérieur suffisante. Cela est valable aussi pour les rénovations avec de nouvelles fenêtres. Sans prendre en compte que la ventilation "par les fissures" conduit à des dommages dûs à la condensation de l'eau contenue dans l'air humide sortant.

- Sans ventilation, un échange d'air suffisant dans les constructions neuves ne peut être obtenu que par une aération régulière et "en grand" (voir la page "compléments sur la ventilation"). Pour atteindre un échange de 0,33 fois du volume d'air, il faudrait ouvrir les fenêtres en grand au moins toutes les 3 heures pendant 5 à 10 minutes. Et aussi pendant la nuit ! En pratique, on aère beaucoup moins. Du coup la qualité de l'air s'en ressent et le danger d'une trop forte humidité de l'air augmente. Parce que nous ne pouvons pas nous rendre compte directement de la qualité de l'air intérieur et que nous ne pouvons pas estimer les quantités d'air neuf entrées par les fenêtres ouvertes en grand, c'est même difficile pour un homme de l'art d'obtenir l'échange d'air idéal en ouvrant les fenêtres. Que l'on aère trop peu et la qualité de l'air baisse: trop d'humidité augmente le danger d'eau de condensation. Que l'on aère trop et l'air en devient trop sec et la consommation de chauffage augmente. Réduire l'humidité de l'air dans l'habitation est un des objectifs de la ventilation. Car une trop grande humidité est une cause fréquente de dommages au bâti. Mais l'air ne doit pas en devenir trop sec pour autant. Pour plus d'information, reportez vous à la page "ventilation et hygrométrie(de l'air)". Cependant l'hygrométrie correcte n'est pas la seule raison pour qu'un échange d'air suffisant soit nécessaire. Les pollutions de l'air intérieur, comme celle par ex. dûe au gaz radioactif radon doivent être réduites à un niveau réduites à un niveau acceptable pour la santé[1]).

- Le but d'une ventilation "confortable" est d'apporter la quantité "correcte" d'air neuf régulièrement dans les pièces de séjour. La solution la plus simple est une **VMC sortante,** qui évacue l'air vicié et humide de la cuisine, de la salle de bain et des toilettes. Ainsi particulièrement au coeur de l'hiver, l'air froid déferle à travers les entrées d'air vers les pièces de séjour. Ce système est entre temps une évidence en France. En Suède, l'expérience est de plus de 50 ans avec les VMC sortantes. En Allemagne il s'agit d'une solution valable dans le cadre des bâtiments neufs selon l'EnEV et pour les rénovations. Pour la maison passive, ce système n'est pas envisageable. Parce que comme avant, c'est de l'air froid qui entre dans les pièces et du coup les pertes thermiques sont trop importantes (voir Photo IR). D'un côté, cela implique un surcoût de chauffage en proximité de la sortie d'air, de l'autre cela implique un besoin de



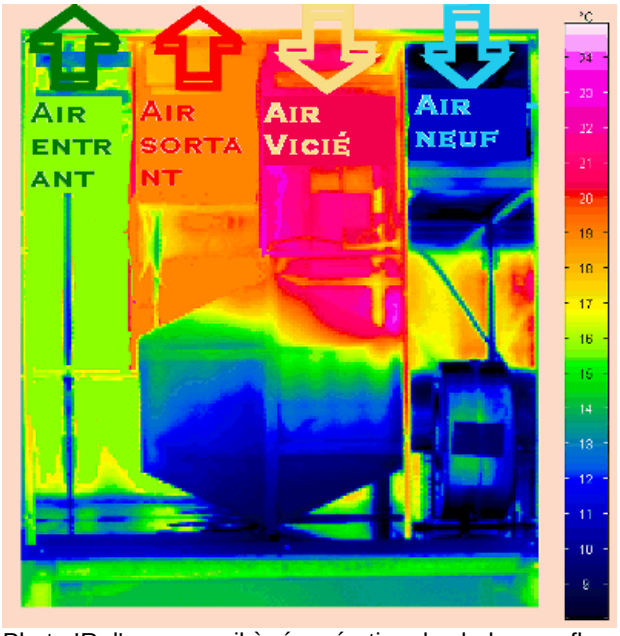


Photo IR d'un appareil à récupération de chaleur en flux inversé, ouvert. Le "vrai" récupérateur de chaleur est reconnaissable à sa forme hexagonale. Il récupère plus de . 75% de la chaleur contenue dans l'air vicié sortant. (Photo: PHI).

Exemple d'appareils de ventilation pour la maison passive. Diese und weitere Anlagen werden auf der Begleitausstellung der Passivhaustagung gezeigt.

chauffage deux fois plus haut que dans une maison passive.

- Les analyses systématiques dans les logements ont montré qu'une bonne répartition de l'air neuf dans toutes les pièces ainsi qu'une évacuation de l'air vicié provenant des pièces humides est au mieux réalisée par une VMC double flux. Elle diffuse au mieux l'air neuf dans les pièces de travail et les chambres. Dans ces pièces il y a au moins une bouche d'air entrant. Comme dans le cas des VMC sortantes, c'est dans la cuisine, les salles de bains et les toilettes que l'air vicié est évacué. Il y a là à chaque fois une bouche d'évacuation. L'air neuf arrive d'abrod dans les pièces de séjour (Graphique). Il arrive alors en passant par des pièces en surventilation dans les pièces humides. Il y a là un échange d'air assez important de manière à ce que les essuis sèchent vite. Grâce à ce principe de ventilation contrôlée, l'air neuf est utilisé de façon optimale. Il concoure à une qualité d'air élevé dans les pièces de séjour, évacue l'air des pièces en surventilation (par ex. les odeurs des vêtements) et sert enfin à l'évacuation de l'hulidité des pièces humides.

- Le contrôle de l'air entrant et sortant permet de récupérer la chaleur de l'air vicié. Dans les logements, les pertes thermiques liés à une ventilation suffisante sont évalués entre 20 et 30 kWh/(m²a). Ce serait dans une maison passive, comparé à tous les autres flux thermiques, une valeur très importante. Les échangeurs de chaleur modernes permettent de récupérer de 75 à 95% de cette chaleur. Ces appareils extrêmement efficaces ont été développés spécialement pour leur installation dans les maisons passives. Ils veillent à une séparation efficace entre l'air entrant et l'air sortant, n'utilise aue très peu d'énergie et fonctionne de manière très silencieuse. Avec une telle récupération de la chaleur, les autres pertes thermiques de la ventilation sont négligemment faibles. Ils oscillent entre 2 et 7 kWh/(m²a), ce qui est une bonne condition préalable pour une maison passive. Pour ainsi dire, grâce à la récupération de chaleur, la température de l'air entrant est proche de celle des pièces. Ainsi l'air entrant dans les pièces n'est plus "froid". Cela permet, en conjonction avec une très bonne isolation et des fenêtres très performantes, de s'en sortir avec une charge de chauffage extrêmement faible et ainsi une installation de chauffage ridicule.

- Cela apporte un avantage particulier: il n'y a que dans les maisons passives, que l'on peut se chauffer avec l'air entrant ! Comme l'air neuf n'est amené que dans les pièces de travail, de séjour ou dans les chambres, cet air peut en même temps être utilisé pour le transport de la chaleur. Comme il ne s'agit que d'air neuf et pas d'air redistribué, sa quantité en est faible. Comme le chauffage de l'air n'est possible que dans une faible mesure, le chauffage par l'air ne fonctionne que dans les maisons ayant un besoin de chauffage très limité. C'est à dire, dans les maisons passives. Cela permet d'utiliser des solutions techniques très élégantes et de faible encombrement. Ce sont les appareils "compacts", centilations "compactes", chaufferies "compactes", etc...

Les maisons passives ont toujours une ventilation de confort intégrée. Et celle-ci est souvent le composant central de la "domotique". Il n'ya que les ventialtion de grande qualité qui peuvent être utilisées dans les maisons passives. Dans cette optique l'Institut de la maison passive a fait un cahier des charges pour ces appareils. A côté d'un haut coefficient de récupération de chaleur, celui-ci doit utiliser peu d'énergie, permettre une utilisation saine et pourvoir fonctionner sans bruit.

Remarques

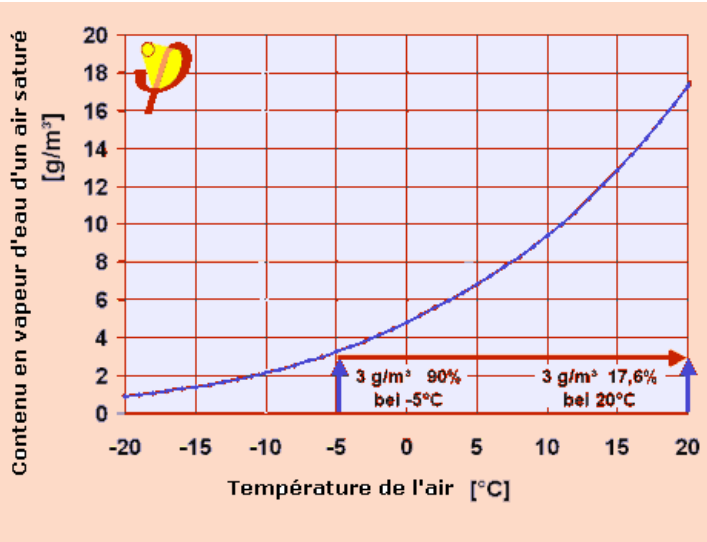
[1]) on pourrait démarrer ici une longue discussion sur le concept "correct" de limitation des pollutions de l'air intérieur. Il est correct et l'institut de la maison passive partage cette vision, que **la pollution de l'air doit être réduit à la source** (Max von Pettenkofer l'a exprimé de cette façon directe: "un tas de fumier ne pourra jamais être correctement ventilé"). Pourtant l'"émission nulle" est tout aussi illusoire dans les pièces de vie. Il y aura toujours diverses émissions de substances volatiles: lessives, nettoyants ménagers, vêtements, nourriture, matériaux de construction, mobilier, cave (par ex. le radon). Même s'il n'y avait plus que l'air respiré par les personnes, celui-ci aussi pollue l'air intérieur, qui sans ventilation suffisante, devient vite insupportable. C'est exactement ce que Max von Pettenkofer avait déjà compris au 19ème siècle. Et ça n'a pas changé entre temps. Non, en fait, c'est devenu beaucoup plus important aujourd'hui parce que nous utilisons tout un tas de substances chimiques inconnues alors. Et deux choses de plus ont changé: 1) Les bâtiments sont devenus beaucoup plus étanches qu'avant 2) Les poêles ont largement disparu des logements. Or les poêles fonctionnent comme des ventilations aspirantes. De là découle qu'un concept de ventilation suffisant est aujourd'hui essentiel. Et même dans ce cas, les émissions de polluants de l'air sont à réduire au maximum.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

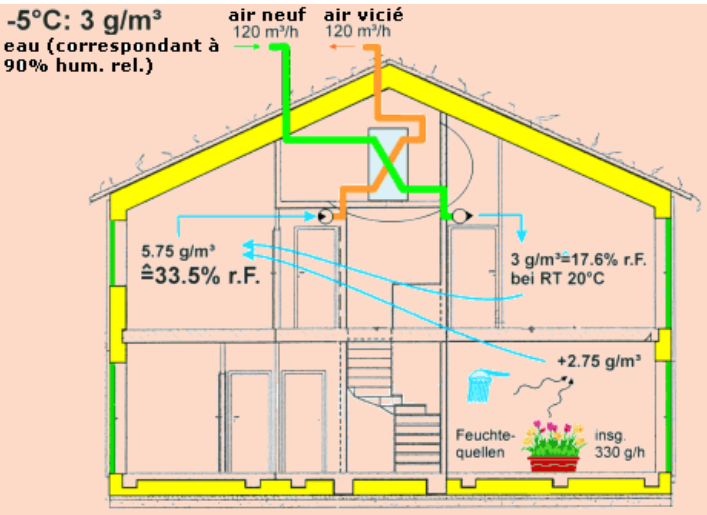
Ventilation et humidité de l'air - le rapport expliqué de façon compréhensible

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

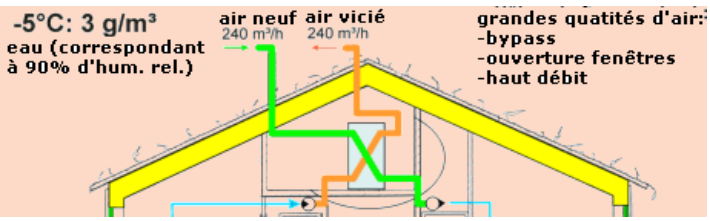


Dans l'air froid, il y a peu d'humidité (dans l'exemple: 3 g/m³) et cela correspond déjà à 90% de l'humidité que l'air peut contenir par -5°C (saturation en eau par -5°C). L'air plus chaud peut contenir davantage de vapeur, à 20°C par ex. jusqu'à 17,3 g/m³. Que l'on fasse rentrer de l'air froid dans une pièce pour être ensuite réchauffé à 20°C, les 3 g d'eau contenues dans l'air par m³, ne représente plus qu'une humidité relative de 17,6%.

Plus on fait rentrer d'air extérieur, plus l'humidité relative intérieure diminue.



Dans le cas d'une ventilation "normale" de **120 m³/h**, l'humidité qui est apportée dans la maison est si diluée, qu'avec les conditions extérieures présentées, l'humidité relative intérieure n'est plus que de 33%. Généralement, cela est acceptable (quantité d'air par personne 30 m³/h selon DIN 1946, l'échange d'air rapporté à ce volume d'air etant d'env. 0,37 h^{-1})



Le niveau d'humidité relative dans les pièces intérieures dépend essentiellement des deux grandeurs suivantes:

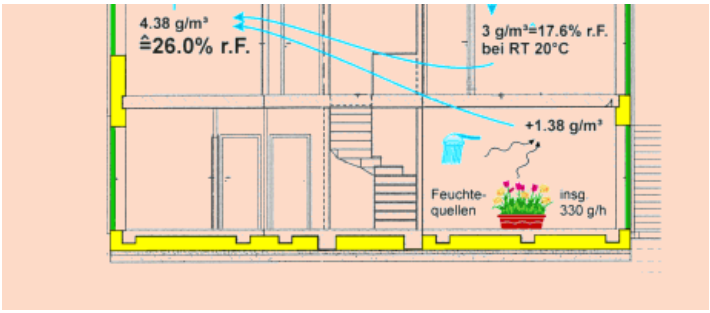
- l'intensité des sources internes d'humidité (par ex. les fleurs, la cuisine, la lessive...) ,
- la quantité d'air neuf apporté de l'extérieur.

La vapeur d'eau qui provient des sources intérieurs humides est diluée par l'air neuf provenant de l'extérieur. La manière dont l'air pénètre dans la maison est évidemment indifférente, que ce soit par les fissures, les fenêtres ou une ventilation (en tout cas, tant qu'il n'y a pas de déshumidification). Et le fait que l'air soit réchauffé, ne joue lui non plus aucun rôle. La quantité d'eau présente dans le flux d'air ne change pas.

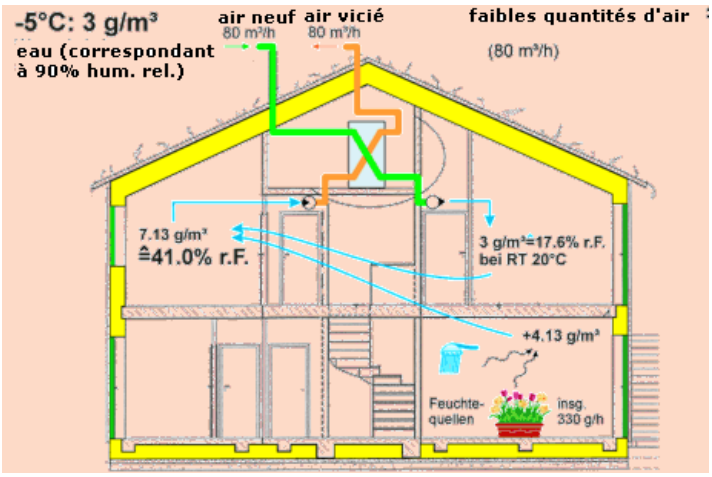
L'effet de dilution est particulièrement important l'hiver. L'air frais contient alors très peu de vapeur d'eau (par -5°/90% par ex. seulement 3 g par m³ d'air, voir premier graphique sur la gauche). Que cet air soit apporté dans les pièces, ou il finit à 20°, alors son humidité relative n'est plus que de 17,6% (tant qu'aucune vapeur d'eau ne soit apportée par les source d'humidité internes). Pour les sources habituelles d'humidité des ménages (330 g/h environ) et dans le cas d'une ventilation "normée" (dans l'exemple 120 m³/h selon DIN 1946), il en résulte une humidité relative de l'air intérieur de 33,5%. Ceci est généralement encore une valeur confortable, lorsque l'air est relativement propre (peu de poussières).

Quand dans le cas d'une ventilation faites selon les règles de la norme, l'humidité apparait trop faible aux habitants, la correction est simple: une réduction de l'arrivée d'air neuf augmente l'humidité relative intérieure, puisque les sources de vapeur d'eau sont moins diluées. Que l'on réduise dans l'exemple ci-dessus l'arrivée d'air neuf à 80 m³/h (ce qui reste dans tous les cas admissible et procure une bonne qualité d'air intérieur), alors l'humidité relative remonte à env. 41%.

Personne ne devrait ventiler davantage que sa propre sensation de confort relative à l'humidité, ne l'exige. Les concepteurs conventionnels de ventilations ont tendance à surdimensionner les systèmes. Il fût un temps ou un échange d'air de 0,5 fois ou même de 0,8 fois était considéré comme nécessaire, et cela justement pour garder un faible niveai d'humidité l'hiver. C'est pourtant à ce moment là que le danger de condensation et de formation de champignon le plus faible. Ces deux dangers n'existent pas dans la maison passive, puisque l'isolation permet aux surfaces intérieurs des éléments extérieurs de rester suffisamment chauds, que même à 60% d'humidité, la condensation ne se produit pas. Cela permet de réduire la ventilation dans les maisons passives pendant la période froide, particulièrement lorsque les occupants considèrent que l'humidité de l'air est trop faible. Les valeurs "repères" pour les habitations sont un échange d'air de la ventilation compris entre 0,3 et 0,4 fois. Pour les maisons passives, nous donnons d'une manière générale le conseil de plutôt orienter la ventilation sur la valeur basse. C'est là que l'humidité relative dans le cas d'un air pur reste la plus confortable.



Dans le cas d'une ventilation plus important de **240 m³/h**, l'humidité apportée dans la maison est encore plus diluée. Maintenant, il n'y a plus qu'une humidité relative d'env. 27%. En général, c'est perçu comme trop sec. Une quantité de 60 m³/h par personne est ainsi considérée comme "lemieux est l'ennemi du bien" au moins concernant le bilan d'humidité (échange d'air rapporté au volume d'air, env. 0,75 h^{-1})



Si l'on veut garder une humidité de l'air importante pendant les mois d'hiver, la manière la plus simple est de réduire les apports d'air frais et ainsi de réduire la dilution de l'humidité dans les pièces. Une ventilation de 80 m³/h correspondant à 20 m³/h par personne est suffisante pour une hygiène acceptable de l'air intérieur (voir les mesures faites dans différentes maisons passives). Avec une telle quantité d'air, l'humidité de l'air dans la maison environne les 41%. (L'échange d'air ne réprésente plus que 0,25 h^{-1} rapporté à l'ensemble de la maison. Dans la mesure ou le bâtiment est durablement et régulièrement alimenté en air neuf, la qualité de l'air intérieur est correcte. Il faut éviter de descendre en dessous de 0,25 h^{-1}. C'est une valeur expérimentale issue des mesures de qualité de l'air faites tout au long de nombreuses années dans la maison passive de Darmstadt Kranichstein.)

Aides dans le cas d'une trop faible humidité de l'air:

- réduire les quantités d'air ventilées.
- eventuellement, apporter des sources d'humidité dans les pièces (par ex. des fleurs)
- garder les logements aussi dénuées de poussière que possible: aspirer souvent avec un bon aspirateur avec un filtre pourssière fin.

D'ailleurs l'air pratiquement dénué de poussière n'est pas considéré comme "trop sec", même avec une humidité très faible: dans l'air froid d'altitude, nous nous sentons "bien". Cependant l'air dans les logements est quasiment impossible à séparer de sa poussière. C'est pour cela qu'il existe vraiment une limite basse pour l'humidité relative (env. 30%), en dessous de laquelle la plupart des habitants considèrent l'air comme étan trop sec. A ce moment là, il n'y a plus que les points 1 et 2 décrits ci-dessus qui peuvent aider.

Lorsque les quantités d'air extérieur deviennent trop faibles pour un air intérieur considéré comme suffisamment "humide", pour garder une qualité d'air intérieure sinon bonne, il existe toujours la possibilité de rajouter des humidificateurs d'air, qui doivent cependant être nettoyés régulièrement.

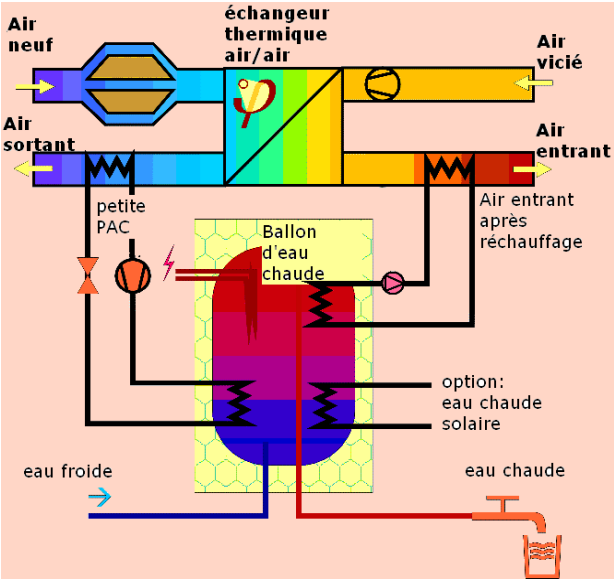
Dans la présentation de Ruedi Krisi au cours des 10èmes rencontres internationales de la maison passive dans le groupe de travail II, on a présenté comme nouveau développement des échangeur dits "à enthalpie", qui permettent à côté de la chaleur de récupérer une partie de l'humidité de l'air.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Ca ne fonctionne que comme ça dans la maison passive: se chauffer avec l'air entrant

aufbereitet vom Passivhaus Institut.



La pompe à chaleur-appareil compact, devenue entre temps un "classique", regroupe le chauffage, la ventilation et l'eau chaude sanitaire dans une seule unité facilement maniable. Tout y tourne autour de l'air: il est à la fois un moyen de transport pour le chauffage et est en même temps une source de chaleur (du côté de l'évacuation) pour la pompe à chaleur

Un bilan énergétique du bâtiment montre si ce genre d'"appareil compact" suffit au chauffage.

Idee 1: chauffer avec l'air entrant dont on a besoin pour des simples raisons d'hygiène

De l'air neuf, toutes les maisons habitées par les hommes en ont besoin. Si l'on abandonne le renouvellement d'air nécessaire au hasard, alors il ne faut pas s'étonner que la qualité de l'air intérieur laisse à désirer. Si l'on oublie de récupérer la chaleur des l'air sortant, alors il ne faut pas s'étonner que les pertes thermiques soient importantes (c'est pas comme ca que l'on obtiendra un bâtiment énergétiquement efficace, même si la qualité de l'air y sera correcte). **Une ventilation double flux avec récupération de la chaleur est absolument indispensable que cela soit dans le neuf ou dans la rénovation, si l'on veut être énergétiquement efficace.**(voir aussi notre article "ventilation et qualité de l'air). Avec l'air entrant réchauffé après son passage dans l'échangeur de chaleur, on peut aussi transporter un peu de chaleur. Pas beaucoup: environ 10 W/m² peut être transporté avec l'air entrant.(voir la page "la définition"). Dans une maison passive, le besoin de chaleur est extrêmement faible. Si faible qu'il peut être justement couvert par ces 10 W/m² qui proviennent du chauffage de l'air entrant. Cela permet d'utiliser avec succès des systèmes simples de "chauffage par la ventilation", ce qui permet d'éviter d'installer un réseau supplémentaire de canalisations pour le chauffage. Si l'on intègre à la ventilation avec échangeur, le chauffage de l'air et l'ECS, alors on a un "appareil compact": chauffer, ventiler et ECS dans un seul appareil. Pour le chauffage en lui-même, plusieurs solutions sont possibles:

- **Avec une petite pompe à chaleur** (pompe à chaleur - appareil compact)
- **Avec une petite chaudière à gaz** (chaudière - appareil compact)
- **Avec un petit poêle fonctionnant avec la biomasse** comme par ex. un poêle à granulé.

Idee 2: Chauffer avec la chaleur contenue dans l'air sortant: l'"appareil compact-pompe à chaleur"

La chaleur restante contenue dans l'air sortant d'une ventilation d'appartement n'est pas énorme. Plus précisément, on parle ici d'"enthalpie". Celle contenue dans l'humidité de l'air qui peut se condenser, en représente une bonne part. Dans une maison passive, le besoin de chaleur est si faible qu'il est pratiquement complètement couvert par par l'enthalpie de l'air sortant. Cette approche a été publiée par Wolfgang Feist en 1995. Cela a permis l'utilisation de l'appareil compact - pompe à chaleur pour les maisons passives.

Entre temps il existe près de 10 fabricants de tels systèmes. Ces appareils sont extrêmement efficaces. Cela a été démontré par des mesures scientifiques réalisées dans les lotissements de maisons passives.

Idee 3: Chauffer avec la biomasse: l'"appareil compact-poêle à granulé"

Se chauffer avec la biomasse n'est pas une exclusivité de la

Un poêle à granulé, système de chauffage principal dans une maison passive à Friedberg (Architecte: Blumrich). Le poêle tout automatisé sert aussi à la production d'eau chaude. L'été des collecteurs solaires complètent le dispositif. Le poêle n'a pas besoin d'être alors allumé.

maison passive. Mais **le potentiel disponible de combustible renouvelable utilisable de manière durable, n'est pas illimité**. Si l'efficacité est mauvaise, on ne pourra jamais chauffer qu'une petite partie des bâtiments en Europe (et aussi dans le monde) de manière durable avec la biomasse. Si l'efficacité est suffisamment élevée, comme dans les maisons passives par exemple, alors les quantités de combustible provenant d'une agriculture ou une d'une industrie forestière devraient pouvoir suffire à couvrir une large part de l'approvisionnement.

Une grande efficacité est aussi avantageuse pour l'utilisateur. Lorsque la demande de chauffage correspond à 1 ou 2 kilowatts, alors le chauffage biomasse devient une ptite boîte qui ne prend pas de place et qui chauffe pourtant toute la maison. Ainsi, les avantages s'ajoutent les uns aux autres:

La boîte de chauffage biomasse fontionne de manière complètement automatique, comme nous y sommes habitués pour les chauffages modernes. Le besoin en combustible est de quelques kilos de granulés par jour. La réserve du coup n'a besoin que de très peu de place. Il serait même possible d'acheter le peu de combustible lorsque l'on fait les courses pour la semaine. L'air nécessaire à la combustion peut être insufflé en même temps que l'air entrant. Le très faible volume des gaz brûlés de l'appareil compact peut être évacué en même temps que l'air vicié en passant par l'échangeur de chaleur. Une cheminée supplémentaire ou une évacuation ne sont pas nécessaires. Du coup, il existe pour la maison passive un concept de chauffage uniquement basé sur les énergies renouvelables. Il est encore dans la phase du développement et n'est donc pas disponible sur le marché.

Pourtant il existe de nombreuses maisons passives dont le chauffage est réalisé par un poêle à granulé. (voir les maisons passives de Friedberg).

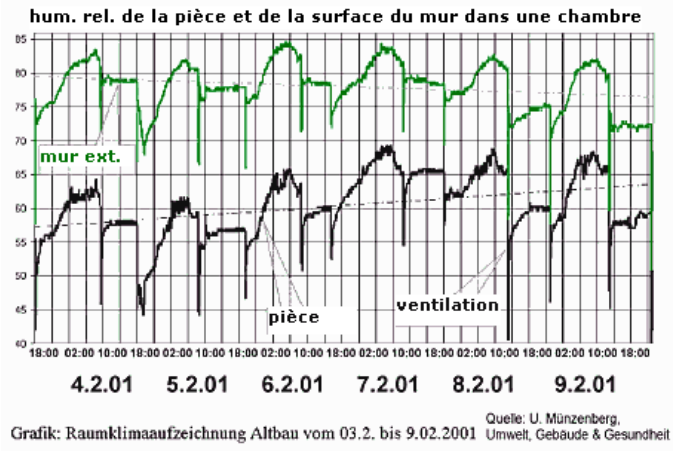
Idee 4: chauffer au gaz: l'"appareil compact" fonctionnant ua gaz

Que l'on sache chauffer proprement vec de très faibles puissances au gaz, tout utilisateur d'une cuisinière au gaz le sait. Pourtant, cela a duré longtemps pour que de tels "appareils compacts" soient disponibles pour la maison passive. Pourtant les avantages sont assez évidents:

- La chaudière n'a besoin que d'une toute petite quantité d'air de combustion. La ventilation qui est le coeur de tout "appareil compact" peut apporter cet air sans problème. Une chemniée est tout aussi inutile.
- Dans la chaudière se forme un condensat qui doit sinon être évacué par les eaux usées. La ventilation à échangeur de chaleur, ici, dispose d'un conduit pour les condensats.Dans un "appareil compact", les deux entités sont réunies.
- Les gas brûlés nécessitent généralement une sortie extérieure. Ici, le canal d'évacuation de la ventilation est tout disponible. La condition indispensables est cependant que la puissance de chauffage soit très faible, de manière à ce que ces gaz restent de volume très réduit.

(aactualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Compléments sur la ventilation: Combien de fois doit-on aérer?



Pourquoi une aération est-elle si importante? Le graphique ci-dessus montre l'écolution de l'humidité dans une chambre à coucher. Dans la pièce, on y rejette constamment de l'humidité dans l'air (surtout la nuit). Si l'air n'est pas changé, l'humidité relative croît. Ces phases de croissance de l'humidité sont bien visibles. Ce qui est aussi bien visible, c'est la baisse brutale de l'humidité à chaque ouverture de fenêtre "en grand" (flèches vers le bas). Ces habitants ventilent d'ailleurs plus de deux fois par jour. Et pourtant, l'humidité monte tendenciellement toujours plus pour dépasser pendant un bon moment les 60%. La courbe verte montre l'humidité de la pièce en proximité de la face intérieure du mur extérieur. Là on y atteint régulièrement plus de 80%. Ce sont des conditions favorables à la formation de champignons. En résumé: **L'échange d'air observé pendant ces mesures ne suffit pas. Il faut aérer beaucoup plus.**

Remarque A: la situation décrite dans le graphique ci-dessus n'est pas une cas unique, mais bien davantage la régle. Ca explique peut-être aussi pourquoi on reconntre si souvent des dégats causés par l'humidité dans les habitations allemandes.

Remarque B: les effets d'une ventilation trop réduite ont été présentés dans les graphe sous la forme de la concentration d'eau (humidité). La vapeur d'eau n'est ni le seul et encore moins le polluant de l'air intérieur le plus important. Bien plus importants sont le radon, les substances organiques, les poussières et de nombreuses autres matières à problème. Leurs concentrations aussi deviennent inutilement importantes lors d'un apport d'air trop réduit. *Un échange d'air suffisant n'est pas seulement une question de confort mais surtout une condition pour assurer un habitat sain.*

Quel rapport entre humidité et ventilation de l'habitattion ? (voir la page "ventilation et hygrométrie").

Pourquoi aérer deux fois par jour, ca ne suffit pas?

Tout simplement:

- Si la fenêtre est ouverte "en grand" suffisamment longtemps, alors l'air intérieur vicié sera échangé par de l'air extérieur neuf.
- Si l'échange est terminé, il n'y a pas de raison de continuer à garder la fenêtre ouverte. (échanger de l'air frais contre de l'air frais ?).
- Une procédure d'ouverture de la fenêtre "en grand" permet exactement un échange d'air.
- S'il y a deux ouvertures de fenêtre "en grand" par jour, cela représente deux échanges par 24 h, soit donc un changement d'air moyen de 2 / 24 h^{-1} < 0,1 h^{-1}.

Que 0,1 changement d'air par heure pour la santé et le confort ne soit pas suffisant, ca ne fait aucun doute (voir la colonne de gauche).

Combien de fois faut-il donc ouvrir les fenêtres en grand?

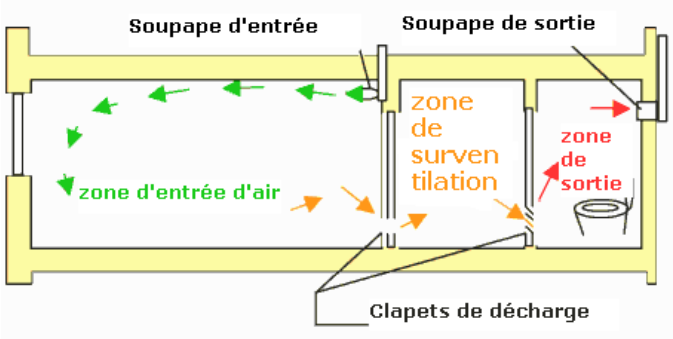
Maintenant une réponse à cette question est difficile à donner: les conditions individuelles, la taille des fenêtres, la position de l'habitation, etc... sont trop différentes.

Mais comme la plupart des habitations ne possèdent pas de ventilation de confort, nous nous sommes penchés dans le groupe de travail 23 aussi sur la ventilation minimum en ouvrant les fenêtres. Cette analyse montre que pour obtenir un échange d'air à peu près suffisantdans une maison sans ventilation, il faut

ouvrir en grand au moins 4 fois par jour !

Et ceci de manière la plus espacée possible, si possible selon des intervalles de 6 heures [Feist 2003]. C'est notre conseil pour tous ceux qui habitent des logements qui ne disposent pas encore de ventilation de confort.

Et voici comment fonctionne la ventilation de confort:



La ventilation ne fonctionne vraiment bien que lorsque l'air vicié est constamment évacué de la cuisine, de la salle de bain et des toilettes. L'air frais, neuf provenant de l'extérieur est, quant à lui, apporté dans les pièces de séjour, les chambres et les pièces de travail.

[Feist 2003] Feist, Wolfgang: **Conseil pour une stratégie de ventilation**, in Protokollband 23 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 2003 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Avec les bilans énergétiques pour atteindre l'efficacité énergétique

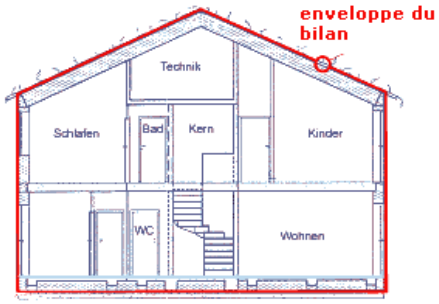


Schéma.1: Il est pratique de choisir l'enveloppe pour le bilan d'un bâtiment le long de la limite extérieure de éléments isolants externes.

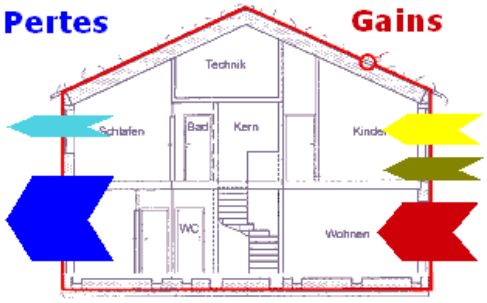


Schéma.2: **Les flux de pertes de chaleur** (Transmisson et Ventilation) quittent le bâtiment à travers l'enveloppe de bilan. Les gain de chaleur entrent dans le bâtiment à travers la même enveloppe. Selon la loi de l'énergie, la somme des gains égale la somme des pertes, tant que l'énergie interne reste constante.

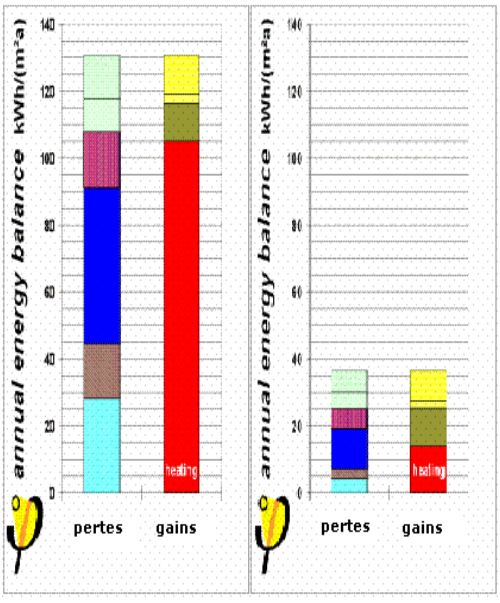


Abb.3: **Le bilan énergétique de la maison normale:** si l'on réduit les pertes de chaleur de façon conséquente, alors l'énergie solaire

L'énergie est une grandeur qui se conserve, elle ne se perd pas. Cela dit, l'énergie peut quitter la zone ou elle a été créée pour être utilisée. Cela nous le décrivons comme une "**perte énergétique**", bien que cette énergie n'ait pas disparu, mais soit simplement disponible ailleurs et sous une autre forme.

Cette phrase en guise de préliminaire montre que les bilans énergétiques ne sont valable que pour une zone clairement délimitée. Cette limite on l'appelle **l'enveloppe**.

Dans le cas du chauffage ou de la climatisation, la zone intéressante est "les pièces chauffées ou climatisées". De manière plus précise: cela englobe toutes les pièces d'un bâtiment dans lesquelles des conditions thermiques confortables doivent exiter. La plupart du temps, il est pratique de comptabiliser dans le bilan les zones chauffées de manière "passive", surtout si cela simplifie l'enveloppe bilancielle. De toute façon, le choix de l'enveloppe bilancielle doit être vu de manière pragmatique: pour un bâtiment, c'est particulièrement pratique de choisir l'enveloppe pour le bilan sur la partie externe de l'isolant extérieur. (voir schéma. 1).

Le rôle du chauffage ou de la climatisation est justement de garder la température confortable, c'est à dire constante dans l'enceinte du bâtiment (voir sur le côté gauche, la discussion).

Considérons un flux de chaleur, qui en traversant l'enveloppe sort de la zone de bilan! par ex. de l'air chaud qui s'échappe par une fenêtre. Une "**perte de chaleur**" de la sorte réduira d'abord l'énergie interne dans la zone du bilan. Cela veut dire que la température baissera dans le bâtiment. C'est exactement ça qu' il s'agit d'éliminer, de manière à assurer le confort intérieur. Cela ne peut être évité qu'en remplaçant l'énergie qui a disparu. Un flux thermique supplémentaire doit maintenant venir de l'extérieur vers l'intérieur pour garder le même niveau de température.

A cet endroit de la discussion, une remarque d'importance: la nécessité d'apporter de la chaleur n'est liée qu'à l'existence des pertes thermiques. Justement à cause de la conservation de l'énergie, la maison reste d'elle-même chaude, tant qu'elle ne perd pas de chaleur. Bêtement, les méchanismes avec lesquels les système chauds perdent de la chaleur sont multiples et très efficaces. Si l'on n'isole pas les systèmes chauds d'une manière volontaire, il y a beaucoup de chaleur qui s'échappe d'elle-même à travers les conduits de chaleur, par convection et par radiation. "Chauffer" est donc toujours l'"ersatz" à apporter aux pertes thermiques. Et est donc grâce à la suppression des pertes, réductible à souhait.

En ce qui concerne le chauffage, nous avons de la chance. Il y a aussi des flux de chaleur entrants positifs et grauits. Par ex. le rayonnement solaire (énergie solaire passive) qui traverse et l'énergie électrique qui entre dans la maison et qui réchauffe la maison. A ceux-ci, il faut aussi ajouter les rejets de chaleur des personnes qui résident dans le bâtiment. Là aussi il s'agit d'une chaleur apportée à la maison, lrosque les personnes y entrent ou que la nourriture y est apportée.

En suivant les conditions simplifiées décrites ici, le bilan énergétique du bâtiment est très simple à produire:

La somme des pertes thermiques

est égale à la somme des gains thermiques.

Comme les pertes thermiques se laissent calculer assez simplement et

passive (gelb) et les sources de chaleur internes (gelbgrau) peuvent couvrir une grande partie de pertes. Un chauffage séparé devient inutile lorsque la charge de chaleur est inférieure à 10 W/m² ; à partir de ce moment là, on peut chauffer en utilisant le système de ventilation.

Le bilan présenté a été calculé avec le PHPP; il appartient à l'une de maison passives construites à Hannover Kronsberg (Réalisation Rasch&Partner /faktor 10/); la construction s'est faite selon le standard de la maison passive, qui correspond au bilan avec les plus faibles pertes. Les valeurs relevées correspondent très bien avec le bilan calculé. Les résultats des mesures de consommation, vous les trouverez sur la page "les valeurs de consommation relevées".

Discussion
Est-ce que le rôle du chauffage est de maintenir la température constante dans les bâtiments ? C'est bien sûr une simplification. Mais cette simplification correspond assez à la réalité. Et cela d'autant plus que la qualité de la construction de l'enveloppe est bonne. Une discussion concernant cette question peut-être faite selon différentes perspectives:

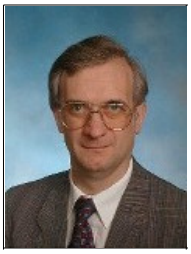
1. *Doit-on réellement chauffer des zones à l'intérieur de l'enveloppe "inutilement", alors que les besoins de confort n'y sont pas nécessaires ?*
   En vérité, cela économise non seulement les coûts de construction, mais aussi les coûts énergétiques, lorsque les zones "non chauffées" sont intégrées dans l'enveloppe thermique. Notamment lorsque l'enveloppe qui en découle a une surface réduite.
2. *Est-ce que ce n'est pas mieux pour la santé, lorsque la température change pendant la journée et est elle-même différente selon les pièces où l'on se trouve ?*
   Nous citons à ce titre Ole Fanger (cf "Thermal Comfort"):
   "Il est bien connu que la température du corps a un rythme quotidien, avec un maximum avant la période de sommeil et un mimimum avant le réveil...
   Cependant *Nevins* n'a pas pu mettre en évidence de différence entre les températures optimales d'après les études faites l'après midi et le soir. Une observation qui est confirmée par l'étude de <Fanger> ....
   Si le biorythme doit avoir une influence sur les conditions de bien-être, alors celle-ci est si faible qu'elle en devient pratiquement sans intérêt."
3. *Est-ce qu'une baisse la nuit (ou le week-end) n'économise pas aussi de l'énergie ?*
   Biensûr, c'est toujours vrai. Cependant les économies réalisées ne sont pas très importantes dans les bâtiments bien isolés.

précisément (elles dépendent principalement de l'isolation: voir la page "isolation") et que les sources de chaleur internes ainsi que l'énergie solaire passive se laissent bien évaluer, on peut avec le bilan énergétique calculer les apports de chaleur nécessaires.

Il reste *un petit problème*: la quantité des apports solaires "excédentaires": Cela représente la part de chaleur qui ne peut pas être utilisée. Cela demande un calcul précis. Heureusement il y a pour ça la formule bien testée, qui est par ex. reprise dans la norme européenne **EN 832**. Pour les applications pratiques, nous l'avons intégrée dans le logiciel **"Passivhaus Projektierungs Paket"**.

Avec ces résultats, il est maintenant très simple de comprendre comment fonctionne une maison passive. Le schéma 3 à gauche l'illustre. Le concept de "maison passive" se base principalement sur la réduction des pertes thermiques du bâtiment. A partir de ce moment là, les gains thermiques gratuits suffisent quasiement à maintenir une température agréable. Réduire les pertes thermiques, cela veut dire essentiellement: une bonne isolation, des fenêtres "maison passive", et une récupération de chaleur de l'air sortant extrêmement efficace. Pas à pas, on peut ainsi améliorer le bilan énergétique et atteindre le standard maison passive.

Les bilans énergétiques peuvent aussi aider dans d'autres applications énergétiques à reconnaître les flux d'énergie principaux ainsi que les pertes énergétiques. C'est l'étape essentielle pour réduire les pertes.



Auteur: Dr. Wolfgang Feist, directeur du PHI

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Ces questions de différence de températures sont traitées d'une manière plus complète dans le protocole 25 du groupe de travail sur les maisons passives économiques.

Souvent, on trouve des remarques critiques concernant les méthodes de calcul:

4. *Peut-on calculer avec des valeurs stationnaires de U ? Est-ce que l'inertie thermique n'est pas plus importante que l'isolation et le calcul selon les valeurs U totalement faux ?*
   Non, le calcul selon les valeurs U est l'approximation correcte, comme cela est montré par les recherches systématiques (voir la page "isolation ou inertie thermique ?). La comparaison des bilans énergétiques calculés et mesurés le confirme en plus.

PHPP

Les logiciel **"Passivhaus Projektierungspaket"** est un outil pour imaginer la maison passive et optimisér la planification. Tous les détails de la conception d'une maison passive sont couverts et supportés, entre autres: l'isolation, l'étanchéité à l'air, la réduction des ponts thermiques, les fenêtres "maison passive", la ventilation, la charge thermique, les besoins en chaleur et le confort d'été. Le manuel du PHPP contient en plus des astuces pratiques pour la conception et la construction des maisons passives.

Le coeur de l'outil PHPP-Tools est le bilan énergétique du bâtiment. Pour plus de détail, voir la page "PHPP".

PHPP: plus qu'un simple bilan énergétique

Schéma.1: **Le "Passivhaus Haus Projektierungs Paket PHPP "** consiste en un ensemble de feuilles de calcul Excel ainsi qu'un manuel. C'est un outil d'aide important pour la conception de maisons passives.

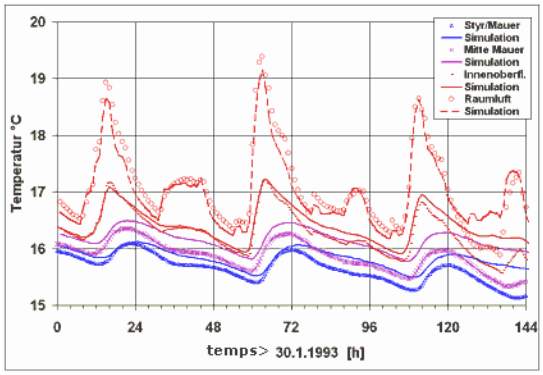


Schéma.2: **Comparaison des mesures et de la simulation** dans le projet de bâtiment passif Kranichstein à Darmstadt. Programme de simulation utilisé: DYNBIL. La comparaison fait partie d'une étude scientifique qui a été publiée dans [AkkP 5]). (les courbes correspondent à la simulation, les points ou ronds aux mesures)

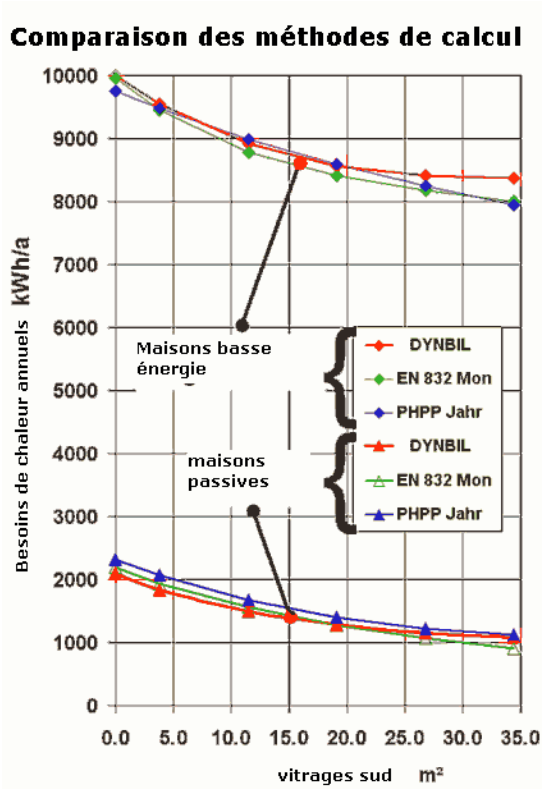


Schéma.3: **Comparaison entre les calculs faits avec un outil de simulation dynamique (DYNBIL) et ceux obtenus avec le PHPP (processus "mois" selon EN 832 et processus "année").** La concordance entre les résultats obtenus avec la méthode simplifiée stationaire et la simulation dynamique est très bonne. Lors de la comparaison, il est essentiel d'utiliser des données identiques.(Niedirgenergiehaus=maison basse énergie.

Le logicile PHPP décrit:

- le calcul des bilans énergétiques (inclus le calcul des valeurs U.)
- la conception des fenêtres
- la conception de la ventilation
- l'interprétation de charge de chauffage
- la prédiction de la situation estivale
- la définition des besoins en chauffage et en ECS
- ... et plein d'autre outils utiles pour une conception sérieuse des maisons passives, ainsi que
- les bordereaux justificatifs pour les aides consenties aux maisons passives (par ex. celles du KfW. NDLT: l'équivalent de la Caisse des Dépôts)
- le justificatif simplifié pour le règlement EnEV (NDLT: l'équivalent de la RT2005)
- un manuel complet, qui ne décrit pas seulement le processus du PHPP, mais aussi tous les points essentiels à la construction des maisons passives. Le book de la pratique de la maison passive par excellence.

Ainsi le PHPP contient tout ce qu'il faut pour concevoir une maison passive qui fonctionne.

Un modèle précis: la simulation selon les équations de base de la physique

Pour les premières maisons passives, il était indispensable d'utiliser les simulations numériques. Le calcul des bilans énergétiques de bâtiments à très faible consommation d'énergie est une tâche exigeante. Les normes et les règlements existants se sont révélés trop imprécis; cela n'a d'ailleurs pas beaucoup changé depuis lors. Avec une simulation qui s'oriente selon les lois de la physique, on peut prévoir le comportement du bâtiment d'une manière très précise. Le problème est uniquement: *les données !* Les données à rentrer pour un programme de simulation dynamique sont énormes. Le modèle que nous utilisons pour la maison passive Kranichstein à Darmstadt exige plus de 2000 entrées de données (sans compter les données climatiques). Si l'on veut que la simulation livre des résultats fiables, alors ces 2000 données doivent être correctement déterminées en fonction de la géométrie réelle du bâtiment. C'est évidemment possible, comme le montre la comparaison entre la simulation et les résultats de mesure ([AkkP 5], voir schéma. **Abb. 2** en haut à gauche). Mais le coût lié à un tel modèle est très élevé. Et bien que toutes les données n'ont pas la même importance, l'entrée de mauvaises valeurs pour les données accessoires peut fausser tout le calcul..

Une voie pragmatique: un modèle simplifié, des données claires

En comparant plusieurs programmes de simulation, nous avons pu nous rendre compte de ce qui est essentiel, ce qui nous a permis avec des modèles simplifiés aux entrées de données raisonnables, de tirer des bilans énergétiques fiables. Le chemin vers les simplification acceptables est décrit dans la publication [AkkP 13]. Cela peut surprendre que grâce à un modèle tout simple, basé sur:

- le traitement de la maison en tant qu'une **zone unique**
- l'utilisation des **bilans mensuels** au lieu des simulations non stationaires.

on puisse obtenir une précision suffisante pour les applications pratiques (voir le schéma 3dans la colonne de gauche).

Passivhaus=maison passive)

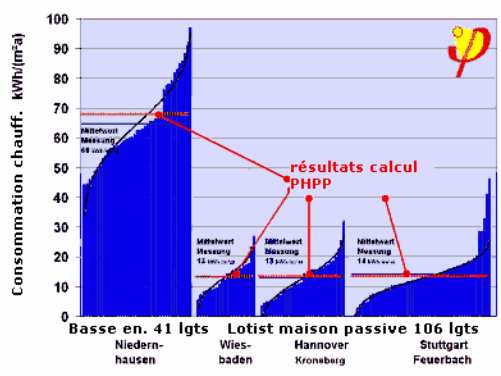


Schéma. 4: **Comparaison des mesures de consommation (données statistiques) pour le calcul avec le PHPP.** On ne peut comparer que des valeurs moyennes issues d'échantillons suffisamments importants, parce que les valeurs individuelles de consommation à cause des habitudes diverses des utilisateurs, varient dans une trop large mesure. Les valeurs moyennes sont décrites très justement à l'aide du PHPP.

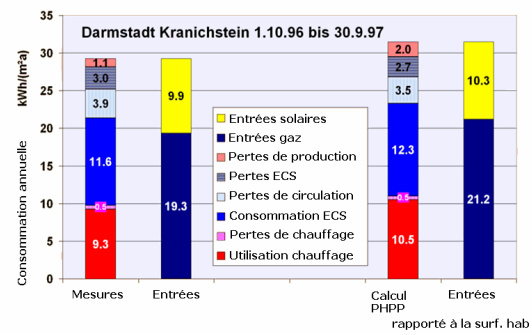
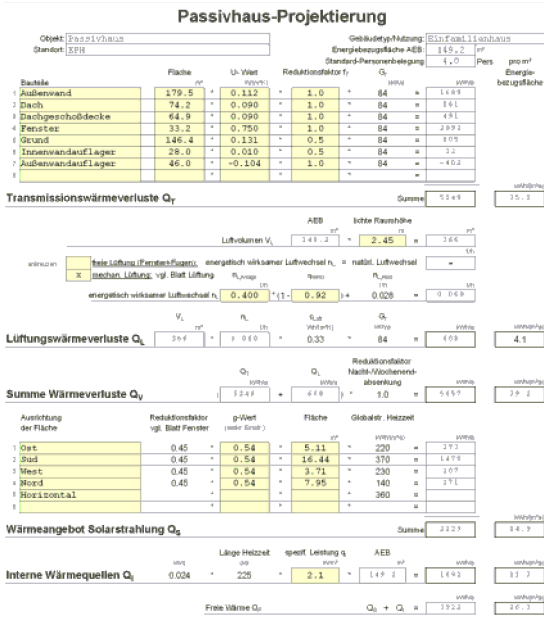
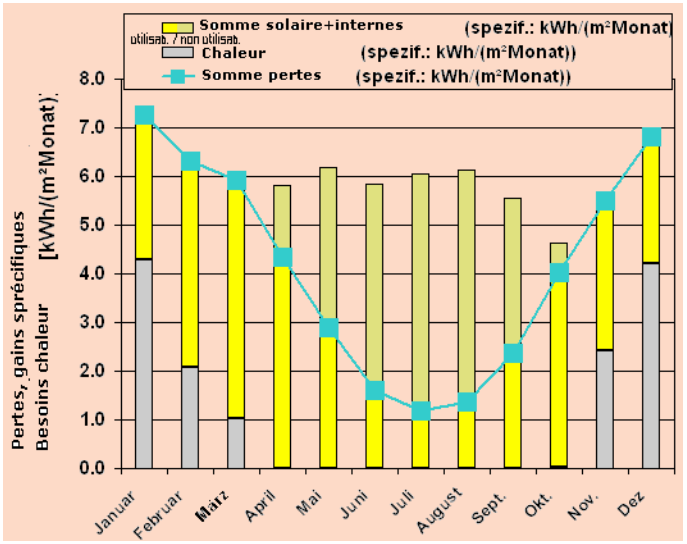


Schéma. 5 Le bilan de droite a été calculé avec le PHPP. Il est tiré du bâtiment passif Kranichstein à Darmstadt (Architectes: Prof. Bott, Ridder, Westermeyer). Les valeurs mesurées du bilan énergétique (à gauche) correspondent très bien avec le bilan calculé. Les mesures ont été faites avec quatre compteur de chaleur et un compteur de gaz calibré. (Input Solar=input solaire / input gas=input gaz / Erzeugerverlust=perte dûe à la transformation / WW Speicherverlust=perte du ballon ECS / Zirkulationsverlust=perte de circulation / WW Entnahme= consommation ECS / Verteilverlust Heizung=perte de distribution chauffage / Nutzwärme Heizung= chaleur utilisée de chauffage)

La concordance entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées n'est pas le fait du hasard. Les expériences avec d'autres réalisations sont tout aussi bonnes.





Les avantages d'une simplification ne sont pas uniquement liés à un process de calcul plus clair, mais surtout à:

- un temps passé à rechercher les données qui est beaucoup plus faible (puisqu'on n'utilise plus que les données de l'enveloppe du bâtiment et de la ventilation),
- une réduction conséquente des sources d'erreurs lors de la création et une facilité de contrôle du processus de calcul (les ingénieurs de contrôle ont une peur bleue d'avoir à vérifier, lors du contrôle d'un bâtiment, la validité des données de la simulation numérique)
- la concentration sur les valeurs les plus influentes et
- l'intégration de toutes ces valeurs.

Le dernier point a été rapidement traité. La plupart des programmes de simulation hautement développés sont certes très précis pour certains process physiques (par ex. pour décrire des conduits de chaleur non stationaires ou pour des échanges de chaleur par radiation), mais ils ont tendance à simplifier le modèle à d'autres endroits (par ex. dans le cas de la transmission du rayonnement dans les coins par les vitrages ou dans le cas de l'ombre causé au rayonnement solaire dû aux balcons ou aux "casquettes", etc.). Vraiment, un programme qui traite tous les process importants d'une manière physiquement appropriée et précise, il n'y en a pas. Mais à l'avenir non plus, puisqu'un tel programme doit être bâti de manière relativement complexe, ce qui à nouveau occasionnera des causes d'erreur.

Bien sûr, toute simplification est une source de perte de précision. Cependant toute date entrée de façon pas tout à fait correcte dans un modèle complexe est aussi une cause de perte de précision. Et d'un point de vue pragmatique, la précision possible d'un calcul avec des données thermiques dépendant de la météo est assez superflu. Nous n'argumentons pas ici contre l'utilisation de programme de simulation qui sont pour la science la seule voie correcte possible. Dans la pratique de la conception d'un bâtiment dans le cadre d'un concept de construction déjà bien connu, l'utilisation d'un système de calcul simplifié et optimisé peut d'ailleurs être plus efficace et précis, car il évitera de nombreuses sources d'erreur.

Pour la construction de maisons passives en Europe, pour lequel le processus a été optimisé et validé des milliers de fois, il y a le PHPP. Le PHPP a été calibré selon les calculs de simulations faits d'après des modèles complexes non stationaires.

Pourquoi le PHPP est pour les constructions énergétiquement efficaces plus précis que les autres systèmes ?

Le PHPP a été développé en comparant systématiquement l'utilisation des fonctionnalités avec les résultats des simulations non stationaires [AkkP 13]. On n'a utilisé que les modèles de simulation qui ont été au préalable validés par les mesures effectuées sur les maisons passives déjà construites (voir le schéma.2 en haut à gauche). La comparaison a été réalisée pour le standard des maisons passives, donc pour des objets qui ont un besoin en énergié très faible. A cet endroit, le calcul selon le PHPP dévie un peu de la norme européenne EN 832. La "déviation" est d'ailleurs pour les bâtiments usuels sans signification. Ce n'est que pour les bâtiments dotés d'une constante temps extrêmement longue que cela est visible: la EN 832 est alors trop optimiste.

Les résultats du PHPP ont constamment été comparés aux résultats des échantillons de mesures suffisamment importants issus des maisons passives construites (voir schéma.4 sur le côté gauche). Ces comparaison montrent de manière régulière une forte corrélation.

Schéma. 6 Un exemple de bilan fait avec le PHPP pour une maison unifamiliale. Avec 14,3 kWh/(m²a) le critère est rempli. Voir la page "rentabilité des maisons passives" pour de plus amples renseignements sur la maison qui a servi à pour cette feuille de calcul. Source: [AkkP 20].

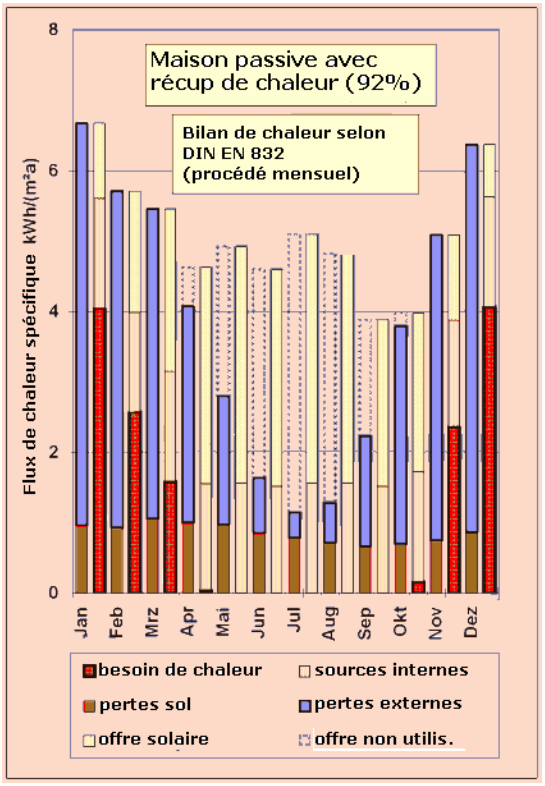


Schéma. 7 Bilan énergétique mensuel selon le PHPP pour l'exemple de la maison unifamiliale. (Source: [AkkP 20]) (Heizwärmebedarf: besoin de chauffage / Verlust Boden: pertes par le sol / Solar Angebot: offr solaire / Innere Quellen: sources internes / Verlust aussen: pertes vers l'extérieur / Nichtnutz. Angebot: offre non utilisée).

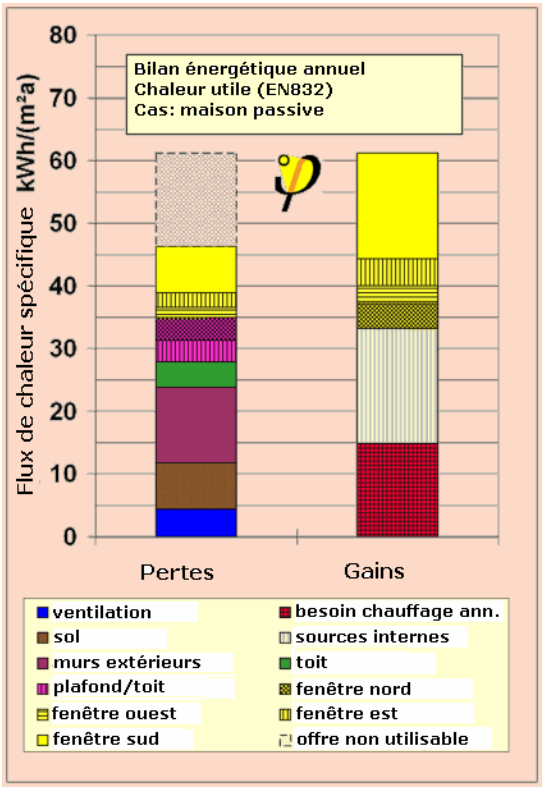


Schéma. 8 Bilan de chaleur annuel(à partir de la somme de bilans mensuels) pour une maison passive unifamiliale, calculé avec le PHPP. Les gains solaires et les sources internes de chaleur sont

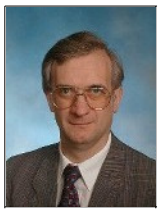
Dans le PHPP il y a une longue série de conditions aux limites qui ont été choisies de manière sensiblement différente que dans le cadre par ex. du calcul de l'EnEV (NDLT: la RT2005 allemande). Pour ces changements, il y de bonnes raisons qui dans le détail ont été discutées ici [Feist 2001]:

- Pour les *sources chaudes internes* la valeur 2.1 W/m² (±0.3) est plus réaliste pour des habitations avec un électro-ménager efficace que celle de 5 W/m² qui est souvent utilisée. Le PHPP contient en outre une feuille de calcul avec laquelle les sources chaudes internes peuvent être détaillées plus précisément pour certains projets de construction. Des sources chaudes internes trop importantes conduisent à l'illusion que des consommations très faibles de chauffage voire des maisons à énergie nulle sont possibles avec des standards de construction très moyens... La pratique prouve que cela n'est pas possible.
- Pour la *température moyenne de la pièce* la valeur de *20°C* nous semble une hypothèse réaliste (et pas 19°C).
- Pour les gains solaires, la saleté des vitrages est un *facteur d'ombrage* qu'il faut prendre en compte.
- Les *facteurs de correction de température* forfaitaires sont généralement placés trop bas pour les bâtiments bien isolés. Par ex. pour les toits terrasse, ils correspondent à 1.0 plutôt qu'à 0.8.
- La partie concernant un "*échange d'air supplémentaire dû aux perméabilités et aux ouvertures de fenêtres*" est évaluée par l'EnEV d'une manière forfaitaire à 0.15 h^{-1} pour les VMC sortantes et à 0.2 h^{-1} pour les VMC2Fà récupération de chaleur. Ces deux valeurs sont trop importantes. Ce qui est correct, comme dans le PHPP ou dans la norme DIN EN ISO 832, est de prendre comme valeur, la valeur d'étanchéité atteinte, cad la valeur n_{50}-Wert mesurée.

Ces points et dautres aussi conduisent à des différences dans les résultats de calcul qui ne sont pas indifférentes dans le cas des bâtiment à haute efficacité énergétique.

Plus qu'un seul bilan énergétique

Le PHPP n'a pas été développé à la base pour livrer un justificatif quelconque. Le PHPP est avant tout un outil de conception, avec lequel l'architecte et le concepteur technique planifient et optimisent leur projet de maison passive. Le PHPP contient des aides pour le montage des fenêtres (en vue d'assurer un confort optimal), pour la ventilation (en vue d'assurer une qualité d'air avec toujours suffisamment d'humidité dans l'air) et pour la technique du bâtiment. Avec le PHPP la maison est vraiment traitée comme une unité, avec y incluant la ventilation et le reste de la technique du bâtiment. Le manuel du PHPP ne se limite pas à l'explication de l'entrée des données dans un feuille de calcul, mais il contient de nombreuses astuces pour l'ordonnancement optimisé des éléments du bâti (l'étanchéité à l'air, l'élimination des ponts thermiques, et tout ça de manière économique), pour la conception et le contrôle qualité.



Auteur: Dr. Wolfgang Feist, directeur du PHI

Litérature:

[AkkP 5] **Bilan énergétique et comportement des températures**; Protokollband Nr. 5 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 1997 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

[AkkP 13] **Bilan énergétique avec le PHPP**; Protokollband Nr. 13 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 1998 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

[AkkP 20] **Technique d'approvisionnement de la maison passive**; Protokollband Nr. 20 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 2000 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

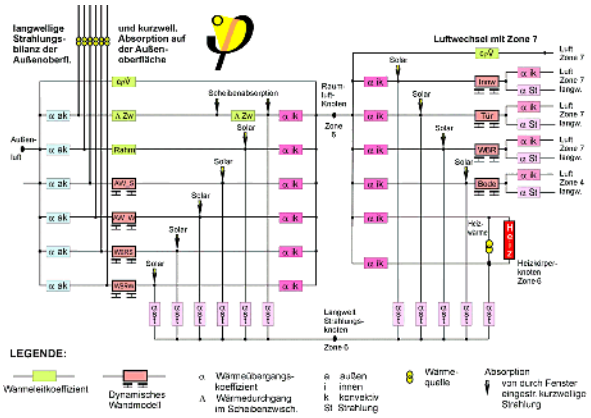
[Feist 2001] **Prise de position concernant la pré-norme DIN-V-4108-6:2000 dans la perspective du développement de la maison passive**, CEPHEUS-Bericht, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 2001 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

d'une plus grande importance que le le chauffage (colonne de droite). (selon [AkkP 20]) Une explication de ces bilans énergétiques, vous la trouverez sur la page "Ce qui est déterminant, c'est le bilan énergétique"). (Lüftung (voll)= ventilation / Grund=sol / Aissenwand=murs extérieurs / Dach geschossD=plafond toit / Fenster West=fenêtre Ouest / Fenster Sud=fenêtre Sud / Jheizwärmebedarf=besoin annuel de chauffage / Innere Quellen= sources internes / Dach=toit / Fenster Nord=fenêtre Nord / Fenster Ost=fenêtre Est / Nichtnutzb. Angebot=offre non utilisable)

Ou est-ce qu'on trouve le PHPP?

De plus amples informations sur le logicile PHPP, vous entrouverez sur le site du PHI: http://www.passiv.de/04_pub/Literatur/PHPP2004/PHPP2004_F.htm.

[PHPP 2004] Feist, W.; Pfluger, R.; Kaufmann, B.; Schnieders, J.; Kah, O.: **PHPP 2004**, Passivhaus Institut Darmstadt, 2004 (Link zur Beschreibung: PHPP-Inhalte).



Un modèle complexe qui schématise bien tous les méchanismes physiques de transport de la chaleur est bien adapté aux analyses scientifiques systématiques. Le "schéma de connexion" ci-dessus montre un détail (une pièce) issu du modèle DYNBIL utilisé pour la maison passive de Kranichstein à Darmstadt. Avec ce modèle les analyses fondamentales ont été réalisées et la comparaison entre la simulation et les mesures. (Schéma. 2 en haut à gauche). Ce modèle a aussi été utilisé pour calibrer le fonctionnement du PHPP.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Pas à pas vers la maison passive

aufbereitet vom Passivhaus Institut

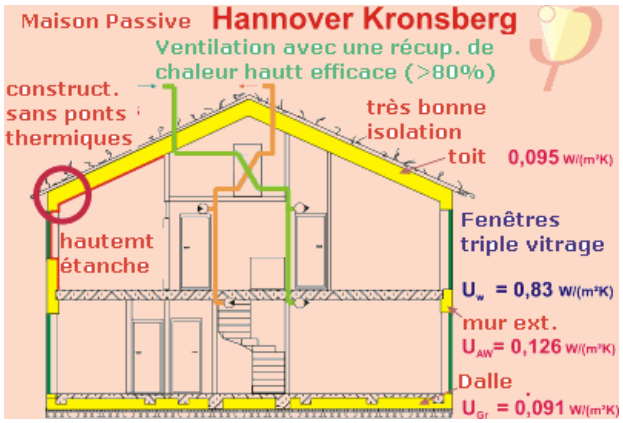


Schéma.1: **Une coupe de maison passive** du lotissement de Kronsberg à Hannovre (voir la photo tout en bas). On remarque les améliorations apportées par rapport aux constructions habituellement pratiquées cette année-là.

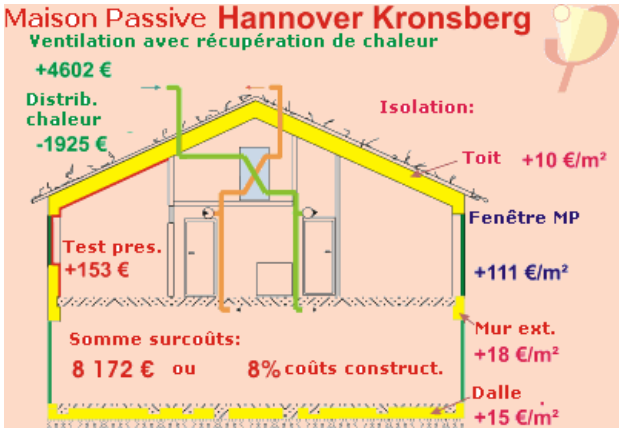
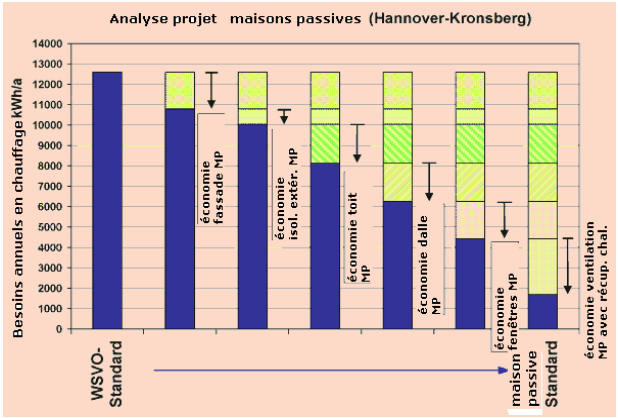


Schéma.2: **Les coûts supplémentaires de l'isolation renforcée et de la technique du bâtiment pour chaque élément du bâti.** Le concept de la maison passive se distingue par le fait que les éléments qui sont de toute façon nécessaires à la construction ont tous été optimisés autant que faire se peut.



Les maisons passives n'exigent pas un changement radical de la manière de construire. Bien plus, aujourd'hui n'importe quelle construction neuve peut-être réalisée "maison passive". C'est une série de petits pas, chacun comprenant une meilleure qualité de construction qui permettent de passer d'une maison neuve standard à une maison passive. L'exemple suivant rend la chose évidente.

Les maisons passives du lotissement "Lummerlund" sur le Kronsberg à Hannovre ont été un projet important au sein du projet de démontration européen CEPHEUS (voir schéma.1). Ces maisons sont des maison mitoyennes standard avec des toits en pente. De l'extérieur, rien ne les distingue d'un lotissement neuf "classique". Et elles sont d'ailleurs rien de plus normales. A part le fait qu'elles soient passives. Elles ne se distinguent que par des détails qui ne sont pas visibles de l'extérieur: une isolation renforcée, des fenêtres plus efficaces, une haute étanchéité à l'air et une récupération de chaleur de l'air sortant.

Chaque amélioration de détail implique un investissement supplémentaire. La meilleure isolation, davantage d'isolant; les fenêtres plus efficaces, un vitrage supplémentaire et un chassis isolé; la récupération de chaleur, un réseau de canalisations pour l'air et l'étanchéité à l'air un test d'étanchéité. Les coûts supplémentaires correspondants ont été calculés. Ils sont détaillés sur le schéma.2 pour chaque composant et sur le schéma.4 cumulé étape après étape. En tout, l'investissement supplémentaire s'élève dans ce cas-ci à environ 8200 €.

Comment ces mesures influencent le besoin en chauffage, c'est présenté sur le schéma.3. Chaque pas en direction d'une efficacité plus élevée, réduit un peu plus le besoin en chauffage. En faisant la somme de toutes les mesures réalisées, il reste moins d'un septième de la consommation initiale. Voir l'animation correspondate: Animation. Aucune des étapes ne change la caractéristique de la maison: elle reste une habitation rien de plus normale. Ce qui change, c'est le besoin en énergie, qui lui est drastiquement réduit. A propos, les mesures de consommation faites dans le lotissement concordent très bien avec les besoins calculés. L'économie d'énergie est réelle.

Le surcoût lié à l'amelioration de la construction et de la technique de la maison sont rentables. Le schéma.5 montre les coûts d'investissement rapprtés en koliwattheure d'énergie économisée. Ceux-ci se situent selon la mesure d'isolation considérée entre 2,5 et 4,5 Cent par kWh. Déjà en 2001 l'énergie achetée était plus chère. Aujourd'hui en 2005, le chauffage au fioul coûté déjà plus de 6 Cent par kWh. L'échangeur de chaleur atteint presque 5 Cent, les fenêtres maisons passives livrent une "énergie économisée" aux alentours de 7,5 Cent le kWh sur ce projet. Mais elles aussi sont indispensables au paquet complet maison passive. Toutes mesures confondues, le surcoût coûtant moins de 5 Cent/kWh est clairement plus économique que l'achat d'énergie au coût actuel du marché. Ces maisons passives sont rentables. Et encore on n'a pas pris en compte l'amélioration de la qualité de l'air et celle du confort thermique. Les sources d'énergie d'avenir livre généralement un kWh plus cher, que ce soit l'éolien, le solaire ou la biomasse. Cela est aussi valable pour la fusion nucléaire, si jamais celle-ci doit un jour être disponible. Il est nécessaire de faire des recherches sur toutes ces formes nouvelles de production d'énergie. Mais il est également

Schéma.3: **Les besoins de chaleur d'une maison normale à une maison passive:** les besoins ont été calculés avec le PHPP ; les valeurs relevées de consommation correspondent très bien aux valeurs calculées du bilan. Les résultats des mesures de ce projet ont été publiées; un résumé se trouve sur la page "les valeurs de consommation relevées".

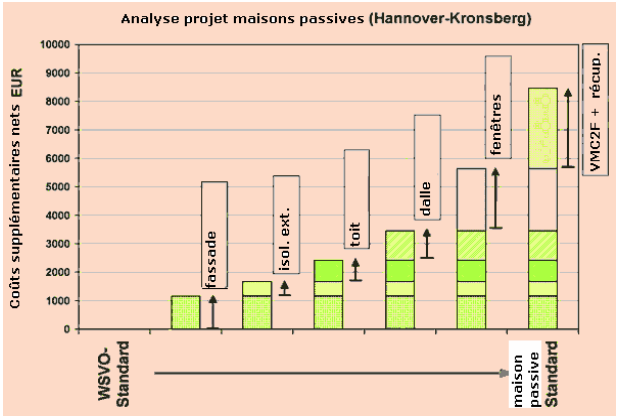


Schéma.4: **La montée des coûts d'investissement étape après étape dans le cas des modifications à apporter pour atteindre la maison passive:** une maison mitoyenne standard de ce lotissment coûte environ 8200 € de plus qu'une maison qui ne remplit que les conditions légales. Grâce à ça, les maisons économise année après année environ 650 € de coûts de chauffage. Cela correspond à un intérêt interne de 6,5%/a (sans impôt). Des investissements financiers avec un tel rendement, il faut chercher longtemps pour en trouver - du moins avec un risque aussi faible.

De manière plus détaillée, les maisons passives de Kronsberg sont reprises dans le compte-rendu final du projet CEPHEUS (à downloader) (photo ci-dessous).

PHPP: le "**Passivhaus Projektierungspaket**" est un outil, avec lequel on peut concevoir et optimiser une maison La partie centrale de l'outil est le bilan énergétique du bâtiment. (voir la page "PHPP").

important d'utiliser les possibilités qui existent pour que l'exploitation de l'énergie soit beaucoup plus efficace. Comme c'est le cas dans les maisons passives.

Concernant les maisons passives du lotissement de Hannovre, il y a une documentation complète qui peut être downloadée gratuitement sur internet. Ce projet a été réalisé dans le cadre de CEPHEUS . Le maître d'ouvrage en a été l'entreprise Rasch&Partner /faktor 10/.

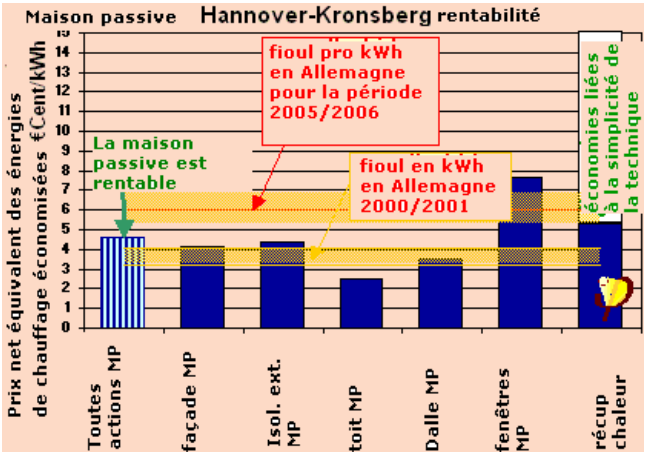
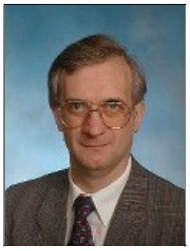

Maison passive Hannover-Kronsberg rentabilité
Prix net équivalent des énergies de chauffage économisées €Cent/kWh
fioul pro kWh en Allemagne pour la période 2005/2006
fioul en kWh en Allemagne 2000/2001
La maison passive est rentable
économies liées à la simplicité de la technique
Toutes actions MP
façade MP
Isol. ext. MP
toit MP
Dalle MP
fenêtres MP
récup chaleur

Schéma.5: **La rentabilité des mesures:** pour chaque action, on connait le coût d'investissement (Schéma.4), les économies réalisées (Schéma.3) et la durée d'utilisation. A partir de là, on en déduit les coûts équivalents correspondants à l'énergie économisée. C'est le prix auquel les mesures prises peuvent remplacer l'énergie. Les maisons passives se révèlent donc être rentables déjà au prix actuel de l'énergie. C'est ce que montre la colonne tout à gauche: 4,7 €Cent/kWh pour la somme de toutes les actions qui aboutissent à la maison passive. En 2006, il est vrai que l'énergie coûte plus de 6 €Cent/kWh... (ce calcul correspond au cas concret des maisons mitoyennes dont on a parlé.)



Auteur: Dr. Wolfgang Feist, directeur du PHI

(actualisé le 08.09.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

La rentabilité de l'isolation

aufbereitet vom Passivhaus Institut

Mesure		proposé U	proposé prix écon. équiv.	orienté futur U	orienté futur prix écon. équiv.
		W/(m²K)	Cent/kWh	W/(m²K)	Cent/kWh
toit en pente	isolation sous et entre chevrons	(0.16)	2.0	(0.16)	2.0
	isolation sur chevrons	0.16	1.7	0.11	2.0
	isolation sur et entre chevrons	0.15	1.9	0.10	2.1
toit plat	Isolation supplémentaire	0.18	3.2	0.12	3.5
	Toit en plus (toit inversé: isol. ext.)	0.22	2.9	0.16	3.3
plafond supérieur	isolation (non praticable)	0.14	0.7	0.12	0.9
	isolation (praticable)	0.14	1.6	0.12	1.7
mur ext.	isolation ext. (rénov crépi)	0.17	1.3	0.13	1.6
	isolation ext. (nouvel enduit)	0.17	2.3	0.13	2.5
	façade rideau avec isolation supplémentaire (rénovation de la couche externe)	0.18	2.0	0.13	2.3
	isolation int avec étanchéité à l'air (nouv. papier)	(0.28)	2.0	(0.28)	2.0
	isolation intérieure avec étanchéité air (renov crépi)	(0.28)	1.0	(0.28)	1.0
mur cave	isolation intérieure avec étanchéité air (renov crépi)	(0.27)	2.5	(0.27)	2.5
plafond cave	isolation par dessous	(0.27)	2.5	(0.27)	2.5
distribution et canalisa&tion ECS		1)		1)	
	isolation après coup	100% × DN	0.9	200% × DN	1.5

Bei den in Klammern dargestellten U-Werten sind die Dämmstärken im Innenraum aus baupraktischen Gründe beschränkt. Die wirtschaftlichen U-Werte liegen bei noch besseren Werten.
1) Dicke der Dämmschale bezogen auf den Leitungsdurchmesser DN

Quelle est la rentabilité d'une amélioration de l'isolation? Cette table donne ce renseignement: au coût actuel de l'énergie et aux conditions du crédit hypothécaire, toute isolation améliorée "vaut la peine" dès le début.

Avec les conditions particulièrement avantageuses de la banque KfW (NDLT: équivalent de la Caisse des dépôts) les résultats sont encore plus frappants. Améliorer l'isolation, cela veut dire gagner de l'argent. Année après année. Le poids du crédit est nettement moindre que le coût de l'énergie économisé.

Et cela aussi la table le montre: plus apporte plus. C'est surtout pas sur l'épaisseur de l'isolant qu'il faut économiser ! Un isolant plus épais est à peine plus cher, car la part la plus importante des coûts d'investissement est contenue dans la part fixe des coûts: l'échafaudage, les améliorations, un nouvel enduit, un nouveau revêtement pour le toit, l'ajustement des détails, etc... Les coûts liés à une plus grande épaisseur d'isolant sont donc faibles. Mais cela n'est vrai que si l'amélioration de l'isolation est faite dès le début: si l'on veut améliorer l'isolation "plus tard", il faudra repayer les coûts fixes encore une fois. Ce n'est alors quasiment jamais rentable.

La devise decisive pour l'isolation thermiques est du coup:

Quitte à le faire, autant le faire bien: c'est pas sur l'épaisseur qu'il faut économiser !

La version longue de l'étude peut être downloadée gratuitement à l'adresse suivante: **"Wirtschaftlichkeit von Wärmedämm-Maßnahmen im Gebäudebestand 2005"** (pdf: 1274 kB).

Un exemple: isolation faite par la suite avec une isolation apr l'extérieur:

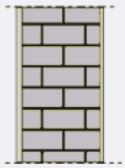
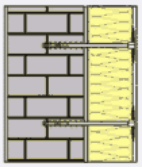
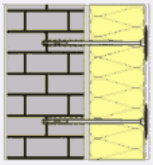
Dans la construction neuve, les murs, les toits, et les autres composants sont de toute façon créés. Lorsque l'on monte ces éléments, on peut y apporter une isolation plus importante sans que des frais supplémentaires pour l'échafaudage, l'enduite ou le revêtement l'apparaissent.

En ce qui concerne l'existant, il a été construit pratiquement complètement à une époque ou le coût de l'énergie était bien moindre que ce qu'il n'est aujourd'hui. La "substance" bâtie est soumise à des changements constants, auxquels appartiennent la modernisation et la rénovation des bâtiments. Chacune des ces actions sur l'existant offre la possibilité de changer l'état insatisfaisant de l'isolation pour l'adapter aux nécessités de l'avenir. Et voici que l'isolation se conjugue avec réhabilitation et rénovation.

La question de la rentabilité de ces mesures est traitée dans une nouvelle étude du PHI consacrée au point de vue des investisseurs [Kah, Feist 2005]. En comparaison d'une étude plus ancienne [Feist 1998], les paramètres ont pas mal changé. Ainsi du prix moyen de l'énergie sur la durée de l'investissement, qui est nettement plus élevé. L'étude est basée sur une moyenne de *5,5 Cent/kWh*. De plus, on peut considérer comme acquis la conservation de la valeur ainsi que de l'efficacité des mesures d'isolation, ce qui permet de pouvoir utiliser correctement une analyse du *cycle de vie*. Pour éviter les spéculations sans fin sur le coût de l'énergie et ceux des taux d'intérêts, la durée considérée a été fixée à 20 ans, la valeur finale de la maison a pourtant été prise en compte.

A partir de ces données, les conséquences sont assez claires:

- *Une amélioration de l'isolation de l'enveloppe des bâtiments existants en Allemagne est aujourd'hui rentable dans tous les cas de figure étudiés,* lorsque l'isolation n'est pas bonne. Par ex., elle le devient à chaque fois qu'un échafaudage doit être placé sur une façade, pour la repeindre, ou qu'un toit doit être renouvelé ou étendu.
- L'amélioration de l'isolation *se rentabilise d'elle-même sur la base des coûts énergétiques ainsi économisés.* Les autres avantages, comme un confort amélioré ou une meilleure protection de la substance du bâti, l'augmentation de la valeur du bien, la sécurité face à l'insécurité des marchés énergétiques mondieaux et la participation à la protection du climat sont des plus.
- En comparaison des exigences de l'[EnEV] actuelle, la rentabilité est si complètement améliorée, que selon les paramètres actuels, *la meilleure isolation pratiquée dans le bâtiment est aussi la mesure la plus économique* (voir tableau sur le côté gauche). A partir de là, le conseil est **"Quitte à le faire, autant le faire bien".** Il ne faut surtout pas économiser sur la qualité d'isolation.
- Comme mesure de la rentabilité, on considère les coûts annuels du capital

Partie existante	Mesure nécessaire	isolation économiqt rentable	isolation orientée vers le futur
crépi sur mur extérieur	ravalement fassade	ravalement avec isolation extérieure: isolation extérieure	ravalement avec isolation recommandée: isolation extérieure
valeur U de la partie 1,41 W/(m²K)	valeur U: 1,41 W/(m²K)	valeur U rentable 0,17 W/(m²K) R-Wert d. zusätzl. Wärmedämmung: 5,16 m²K/W	valeur U orient. futur 0,13 W/(m²K) R-Wert d. zusätzl. Wärmedämmung: 7,29 m²K/W
			

(intérêt et remboursement) investit dans les mesures d'isolation, comparé aux économies d'énergie réalisées. Ainsi on en déduit un *Pprix du kilowattheure économisé* (kWh). Pour toutes les mesures étudiées, le prix du kWh économisé, situé entre*1 et 3,5 Cent/kWh* pour une isolation d'avenir, était situé largement en dessous du prix d'achat du combustible situé pour un client final à 4,5 Cent/kWh en 2005 (voir tableau 1). Déjà fin 2006/début 2006, le prix final de l'énergie était aux alentours de 5,5 Cent/kWh. C'est aussi le prix utilisé comme prix moyen de l'énergie à l'avenir.

L'efficacité énergétique grâce à une isolation renforcée est aujourd'hui l'une des sources d'énergie les plus rentables. Ces mesures sont d'ailleurs sensiblement meilleur marché à mettre en oeuvre que le coût des combustibles habituels. En plus la plus value est essentiellement générée localement et par des artisans ou des PME. Ces entreprises ont une forte intensité de main d'oeuvre, ce qui fait qu'une mobilisation conséquente des potentialités evoquées ici, conduisent inévitablement à une forte création d'emploi.

Dans la mesure ou la situation gagnant-gagnant est évidente, l'étude en appelle à l'urgence d'une initiative énergique pour accélerer autant la rapidité que la qualité de sa mise en oeuvre. Avec les conditions des prêts de la kfw-Förderbank (NDLT: l'équivalent de la Caisse des Dépôts) une telle initiative est maintenant disponible: avec des intérêts inférieurs de 2 à 3% aux prix du marché, la rentabilité est encore plus évidente: les intérêts économisés sont encore supérieurs.

Litérature:

[EnEV] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 7.12.2004 Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr. 64, S. 3147- 3162.

[Feist 1998] W. Feist, Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ausgewählter Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand, Fachinformation PHI-1998/3, Passivhaus Institut, Darmstadt 1998.

[Kah, Feist 2005] Wirtschaftlichkeit von Wärmedämm-Maßnahmen im Gebäudebestand 2005

La version longue de l'étude sur "la rentabilité de l'isolation dans le bâtiment existant 2005" (voir le herunterladen (pdf: 1274 kB).

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Est-ce que les maisons passives sont rentables ?

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

Schéma.1: **La maison individuelle Schrecksbach** a été construite en 1987 par Manfred Such comme première maison basse énergie allemande selon le principe de la construction massive. C'était à l'époque très innovant. Aujourd'hui cette isolation est encore plus efficace que ce que les textes (EnEV - RT2005) n'exigent. Nous nous sommes penchés sur la question de savoir ce qu'il coûterait de la construire aujourd'hui en maison passive. Pour cela, on calcule la maison correspondante d'abord sans ventilation. Le besoin en chaleur s'élève à 83 kWh/(m²a)(surface d'habitation) soit 59 kWh/(m²a) (surface A_N selon EnEV). La maison consomme pour le chauffage 1330 litres de fioul par an.

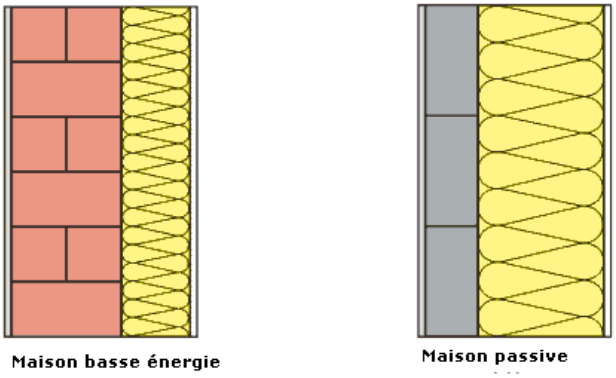


Schéma.2: **L'étape la plus importante de la maison "EnEV" à la maison passive: une meilleure isolation.**

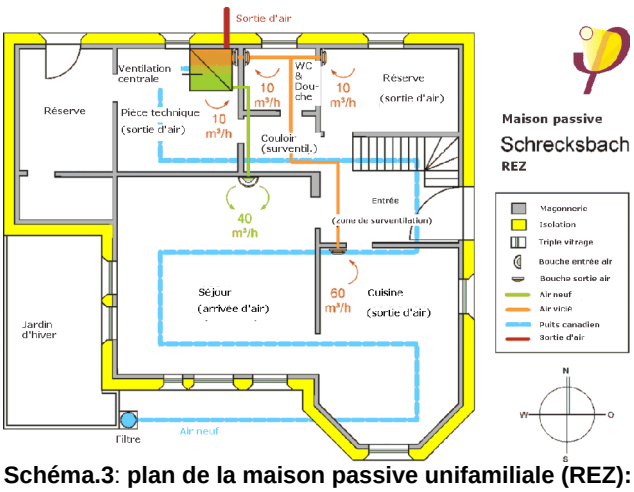


Schéma.3: **plan de la maison passive unifamiliale (REZ):**

Il n'y a pas que sur internet que vous trouvez les avis les plus contradictoires sur la question. Il y a toujours des gens qui vous racontent qu'une maison passive ne se rentabilisera "jamais". Et d'autres qui vous disent que vous pouvez gagner plus de "200.000" Euros avec une maison passive individuelle...

Pour en arriver tout de suite au résultat des études sérieuses: **Les deux affirmations sont fausses**. Selon les conditions qui règnent en Allemagne et en Autriche, les maisons passives sont rentables lorsqu'elles sont conçues et réalisées avec un minimum de compétence. Mais des gains énormes et rapides ne soivent pas être attendus. Pour cela, la maison passive est pour longtemps et assurément plus économique que toutes les alternatives. Celui qui cherche l'"argent rapide", ferait mieux de le chercher ailleurs (... tout en sachant que la "chance" d'en perdre beaucoup est tout aussi grande).

Une analyse en se basant sur l'exemple de la maison unifamiliale

La maison en haut dans la colonne de gauche est une maison unifamiliale de 149 m² de surface habitable. Ce n'est pas une maison passive. Elle serait pourtant très facile à construire en tant que maison passive. Pour cela il faudrait améliorer les détails suivants:

- L'*isolation extérieure* est à porter à 300 mm. Le mur est réduit à 115 mm de brique silico-calcaire. L'épaisseur du mur extérieur n'en est quasiment pas affectée (de 25 mm) (voir Schéma.2).
- Dans le toit, l'isolation sous les chevrons et au dessus du dernier étage est passée de 100 à 225 mm. Entre les chevrons, et dans le plafond, on garde les 140 mm avec un coefficient de transmission thermique de 0,035 W/(mK).
- Sur la *dalle*, on utilise à la place des 150 mm, maintenant 250 mm de plaque de PS avec un coefficient de 0,035 W/(mK).

Une construction *sans ponts thermiques* était déjà présente dans la construction initiale. A part l'augmentation de l'isolation et le montage des fenêtres à l'extérieur de la maçonnerie, il n'y a pas d'autres modifications à faire. A la place des poutres de bois utilisées pour le plafond dans la construction originelle, la maison passive utilisera une dalle de béton: celle-ci a une épaisseur nettement inférieure et est même plus économique. Cela permettra avec une hauteur identique hors tout de la maison de gagner un peu de hauteur à l'étage, malgré un toit plus isolé. La surface d'habitation peut grâce à ça être un petit peu augmentée. Cela dit, nous ne la prenons pas en compte (env. 1 m²) dans le calcul pour éviter de compliquer inutilement la comparaison en changeant les surfaces de référence.[2] Les économies réalisées par la construction plus simple du plafond n'est pas non plus prise en compte.

Tous les murs extérieurs sont enduits sur leur face intérieure, la partie toit reçoit un film d'isolation à l'air à hauteur du mur d'allège. D'après les expériences antérieures, on doit obtenir de cette manière là un n_{50}=0,4 h^{-1}. Cela n'implique pas de coûts supplémentaires, plutôt des coûts moindres, puisque la forte étanchéité à l'air réduit les causes de dommages au bâti, dont les répartions sont nettement plus coûteuses que l'investissement de départ nécessaire pour obtenir une enveloppe étanche de qualité. L'amélioration de l'hygiène dans la maison n'est pas non plus prise en compte financièrement.

Si la conception est intelligente, les canalisations de ventilation sont très courtes.

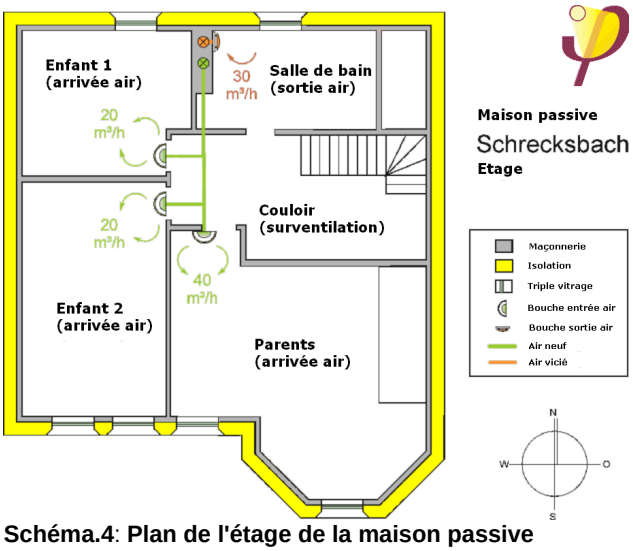


Schéma.4: **Plan de l'étage de la maison passive**

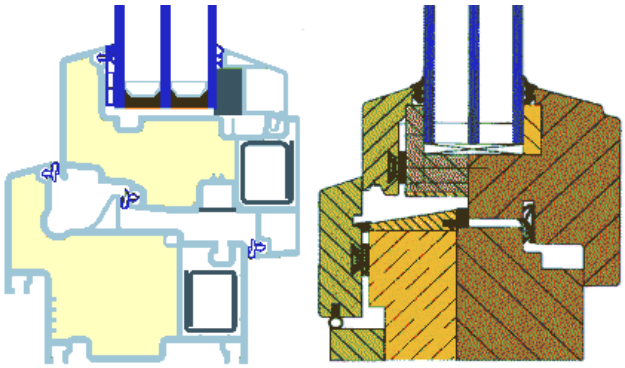
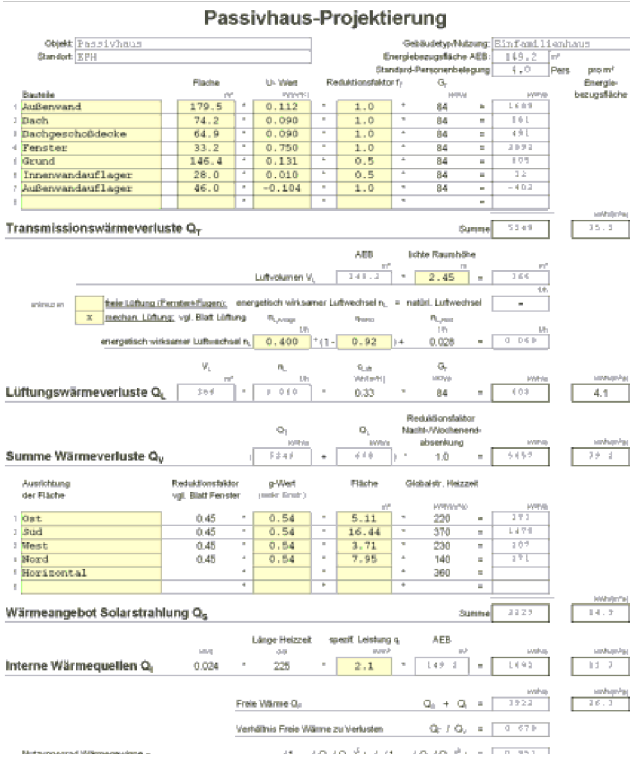


Schéma.5: **Les fenêtres pour la maison passive.** Des fenêtres très isolées sont indispensables pour une maison passive. A côté des économies d'énergie, ces fenêtres ont beaucoup d'autres avantages (voir la page sur "les nouveaux développements dans les fenêtres").



- Les fenêtres double vitrage sont remplacées par du triple vitrage, montées dans un chassis "maison passive" (Schéma.5). Cela réduit la valeur U des fenêtres à un coefficient moyen de 0,75 W/(m²K), ponts thermiques de montage inclus. Le vitrage a un coefficient moyen de 0,54.
- On utilise une ventilation à récupération de chaleur dont le coefficient effectif est de 92%. La distribution de l'air a été repensée (voir Schémas. 3/4).

Avec les améliorations de détail que l'on vient de décrire, le standard de la maison passive est déjà atteint. On peut garder le système de chauffage actuel (chaudière dans le cellier). Cela dit, et cela serait nettement meilleur marché: la ventilation pourrait être combinée avec un appareil compact (déjà dessiné dans la pièce H-W). Comme ça, on se débarasse du réservoir de fioul, de la cheminée, et de la chaudière. Les tuyaux et les radiateurs peuvent disparaître aussi: l'appareil compact livre directement la chaleur à l'air entrant. Il n'y a que dans la salle de bain de l'étage qu'il faut garder un radiateur de manière à pouvoir atteindre rapidement la température d'une salle de bain.

Et ca coûte combien ?

L' isolation renforcée exige davantage d'isolant; les fenêtres plus efficaces, un vitrage de plus et un chassis isolé, la ventilation, un réseau de tuyaux d'air:

- Surcoût isolation mur, toit, dalle: 4.800 €
- Surcoût fenêtres maisons passive: 5.400 €
- Surcoût ventilation avec récupération de chaleur: 5.200 €
- Moindre investissement cuve à fioul plus petite, chaudière; radiateurs et tuyauteries disparaissent; à la place, un réchauffeur: -1.400 €
  (nous ne prenons pas en compte la libération d'une pièce)
- **Somme de tous les investissements supplémentaires: 14.000 €**

Pour parer à tous les risques, nous arrondirons à 15.000 € les investissements supplémentaires. Avec ça, le standard maison passive est réalisable dans une maison unifamiliale. Cela représente environ 8% du coût moyen de la construction de ce type de maisons en Allemagne.

Et on finance comment ?

Partons du principe que le capital personnel est épuisé et que les investissements supplémentaires doivent être faits à crédit. Avec 4,7% d'intérêt et 1,6% de remboursement, cela correspond à une surcharge annuelle de 945 €.

Quand on construit une maison passive, le maître d'ouvrage peut bénéficier du crédit économique du KfW "construire écologique" pour le ESH 40/Passivhaus avec 100% de paiement et seulement 2,10% d'intérêt (Avril 2006). Cela correspond à 50.000 € par habitation, dans le cas d'une maison unifamiliale. L'exonération dûe aux intérêts moindres représente annuellement environ 880€ ! Cela rend le poids financier du "surinvestissement" dans l'exemple que nous avons pris quasiment nul au cours des premières années. A quoi cela ressemble les années suivantes, nous le traitons ci-dessous.

En fait, c'est encore mieux: au lieu d'utiliser env. 13.300 kWh de fioul ou de gaz, on n'utilisera dans la maison passive qu'environ 2290 kWh de combustible pour le chauffage et 350 kWh pour l'électricité de la ventilation. Cela économise encore 715 € année après année, au prix des combustibles actuels, alors que la ventilation coûte env. 65 €/a.

Investitissement et économie pour une maison passive

Schéma. 6 Ce qui détermine la certification d'une maison passive: le calcul PHPP[1]) pour la maison décrite ci-dessus. Avec 14,3 kWh/(m²a), le critère est rempli, la maison fonctionnera donc comme une maison passive et est éligible pour le crédit du KfW (NDLT: l'équivalent de la Caisse de Dépôts).

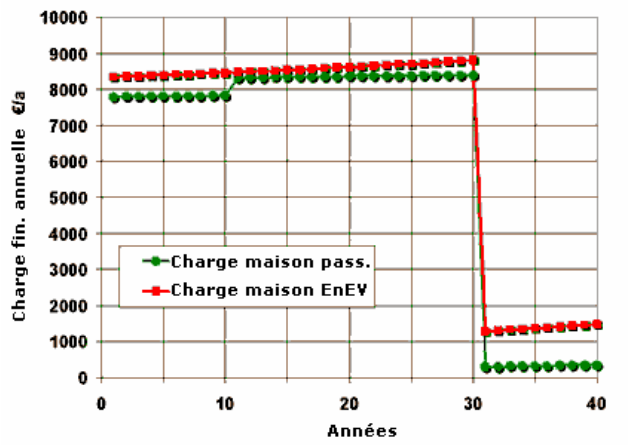


Schéma.7 L'évolution dans le temps de la charge financière pour une maison standard (rouge) et pour une maison passive (vert). Dès le début, la charge financière d'une maison énergétiquement efficace est plus faible. Et après 30 ans, s'ensuit la "fin en or": à ce moment là, les emprunts sont remboursés et la famille profite d'une très faible consommation d'énergie.

[1]) **PHPP**: Le logiciel "**Passivhaus Projektierungspaket**" est un outil pour concevoir et optimiser les maisons passives. Le coeur de l'outil est le bilan énergétique du bâtiment. De plus amples détails concernant le PHPP, vous les trouverez sur la page "le PHPP".

[2]) Remarque: un "truc" qui est souvent pratiqué lorsque l'on calcule la rentabilité est de changer les plans de manière à créer des surfaces différentes **d'habitation ou d'utilisation.** Puisque les valeurs correspondantes de telles surfaces sont élevées ou faibles et que cela a peu d'influence sur le coût de la construction, le calcul de la rentabilité en devient confus. Pour que le calcul soit "propre", il faut que le référencement des surfaces reste le même partout. C'est ce que nous avons fait ici.

(149 m²)

- Comparaison pour les premières années -

Investissement supplémentaire *) en comparaison d'une maison standard: 15 000 €

	€/an
service financier supplémentaire la première année (banque)	+945
allègement dûe au crédit (**1. année**) (KfW ESH40/maison passive)	-880
Pour une économie de chauffage de 11000 kWh/a:	
économie d'énergie de chauffage à 65 Ct/litre de fioul	-715
coût supplémentaire électricité de ventilation à 18 Ct/kWh	+65
Résultat: réduction de la charge les premières années	**585**

*) Exemple. D'expérience, l'investissement peut être plus faible.

Est-ce que ça en vaut la peine?

Avec la construction d'une maison passive, la charge financière se réduit d'une manière assez conséquente par rapport à une maison "standard". Même si les prix de l'énergie ne montent pas. Le standard "maison passive" est ainsi économiquement attractif, même si les gains ne sont peut-être pas aussi importants que certains l'annoncent. Mais le propriétaire d'une maison passive gagne encore quelques avantages.

Joie de vivre!

Avec une maison passive, la consommation d'énergie est si faible que la famille n'a plus besoin de se faire de souci au sujet de la hausse du prix de l'énergie. En plus, la maison est quasiment indépendante des combustibles importés, et même d'ailleurs complètement alimentable en énergie renouvelable, lorsque l'on choisit un appareil compact et que l'on s'adresse à un fournisseur d'électricité écologique (ou une part dans un parc d'éoliennes, ou un poêle à granulé, ou...).

En plus dans une maison passive, il n'y a pas de moisissures, pas de courant d'air, pas de pieds froids. Et pourtant toujours de l'air neuf et donc moins de mauvais air intérieur.

Comme l'a dit Robert Hastings à l'occasion des 8èmes rencontres de la maison passive: „les maisons passives doivent minimiser la pollution de l'environnement et optimier la joie de vivre de ses habitants".

La famille trouvera aussi du plaisir à la réduction de la pollution de l'environnement. Car les conséquences du changement climatique touchent tout le monde: les émissions qui modifient le climat sont dans une maison passive, comparé à ce qu'elles sont dans une maison "normale", réduites de plus du facteur 4. Cette contribution à la préservation de l'environnement est d'autant plus importante que davantage de familles se décident à construire des maisons neuves énergétiquement efficaces ou à rénover des bâtiments existants.

Voilà pour les avantages individuels. Mais la famille qui construit n'y gagne-t-elle pas aussi à développer un savoir faire local plutôt que des combustibles importés de régions instables du monde ? Si une maison passive, comme celle décrite ci-dessus, coûte aujourd'hui environ 14.000 Euro "de plus" qu' une maison standard, ce sont 14.000 Euro, qui iront à 75% pour les artisans. Et les 25% qui restent iront principalement à de la valeur ajoutée européenne. Cela maintient et crée de l'emploi et c'est même financièrement intéressant. Nous ne

voulons même pas discuter des coûts économisés par la communauté pour régler les conflits internationaux, on en lit suffisamment tous les jours dans les journaux. Mais cela aussi est une contribution à la joie de vivre, car la "sécurité des approvisionnements énergétiques" ne coûte pas uniquement de l'argent...

Economiser avec l'efficacité énergétique - durablement

A long terme, c'est principalement l'économie d'énergie qui contribue à l'allègement financier. Heureusement d'ailleurs ! S'il ne fallait compter que sur le crédit préférentiel, cela pourrait être difficile à la fin de celui-ci. C'est pourquoi il est conseillé d'utiliser l'argent bon marché pour de vraies mesures prouvées d'économie d'énergie. Ce sont par ex. les amélioration décrites ci-dessus et apportées à l'isolation, aux fenêtres et à la ventilation avec récupération de chaleur. Que ces mesures économisent vraiment de l'énergie dans la pratique, cela a été validé par des campagnes de mesures. (voir par ex. la page "les valeurs de consommation relevées").

Le résultat du calcul mathématico-financier fait sur 30 ans est présenté dans le tableau suivant et le schéma.7. Il existe même un avantage dont nous n'avons pas parlé jusqu'à présent et que l'on remarque sur le schéma.7: *même après 30 ans, vous continuez à profiter des économies d'énergie. Les composants de la maison passive continuent de rendre leurs services, tant que la maison reste debout.*

Tableau du calcul mathématico-financier de la charge financière moyenne sur 30 ans:

Investitissement et économies pour une maison passive (149 m²)

- calcul mathématico financier **nominal 30 ans** -

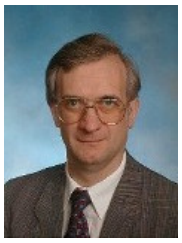
Investissement supplémentaire *) en comparaison d'une maison standard 15 000 €	€/Jahr
service financier supplémentaire moyen (Banque)	+945
allègement dû au crédit préférentiel sur 30 ans (KfW ESH40/Maison passive)	-626
Economie d'énergie 11000 kWh/a:	
Economie de coût d'énergie / moyenne sur 30 ans (inflation 1.6 %/a):	-822
coût supplémentaire moyen ventilation	+71
Résultat: réduction de la charge annuelle	**432**

*) Exemple. D'expérience, l'investissement peut être plus faible.

Conditions:
Financement avec le crédit KfW ESH40/Passivhaus fin Avril 2006. intérêt (nominal) 2,1 %p.a., paiement 100%, durée 30 ans, ici: aucune année de remboursement. Durée d'utilisation de calcul: 30 Jahre, intérêt 4,7 % p.a. (crédit hypothécaire, nominal, effectif)
Prix du combustible: 6,5 €Ct/kWh(réel), électricité 18 €Ct/kWh (réel), Hausse du prix de l'énergie identique à l'inflation 1,6% p.a. (nominal).
Méthode: les valeurs au comptant des flux financiers sont considérées et transformées en annuités constantes sur 30 ans. Les composants utilisés ont une durée de vie bien supérieure à 30 ans (à part quelques pièces d'usure, qui ne sont pas plus nombreuses dans une maison passive que dans une maison standard). Les coûts de maintenance reste les mêmes.

Remarque concernant les changements éventuels des conditions:
Cette page a été actualisée fin avril 2006. Les prix de l'énergie, les intérêts et les conditions du crédit préférentiel changeront sans doute à

l'avenir. Ces changements n'ont pourtant qu'une faible influence sur le coeur de la discussion ("tableau jaune"). Pourquoi ?
- La rentabilité des travaux faits sur une bâtiment ne dépendent pas tellement des prix au jour le jour, mais bien davantage des conditions économiques moyennes sur la durée d'utilisation de la construction (et celle est bien supérieure à 30 ans).
- Pendant ce temps, beaucoup de choses peuvent se passer. D'ailleurs, les conditions d'emprunt peuvent être souscrites par un propriétaire pour 20 ou 30 ans à un niveau assez faible. Et que les prix de l'énergie pour les decennies à venir soient moins chers que maintenant, qui pourrait bien y croire ? Ainsi les paramètres les plus importants sont assez sûrs, même s'il y aura encore des variations, dont certaines pourraient amener à douter.
- Concernant les dispositions de la KfW, la banque annonce qu'elle s'efforcera de garder les conditions du crédit à un niveau aussi stable que possible (se différenciant en ce sens des conditions du marché). Cela veut donc dire que ces conditions aussi resteront constantes.
- Les conditions du marché de l'emprunt en revanche s'orientent très fortement sur le niveau de l'inflation. Cela implique que la base du "tableau jaune" restera constante, même si les valeurs nominales varieront. Toutes les valeurs peuvent être chiffrées à "quelques euros près". Le risque le plus important est donc pour les propriétaires de maison à haute consommation énergétique.



Auteur: Dr. Wolfgang Feist, directeur du PHI

(actualisé le 24.04.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Exemples d'immeubles "maison passive"

Jusqu'à aujourd'hui, il y a des milliers d'immeubles qui ont été réalisés comme "maison passive". Vous trouverez sur internet une documentation importante (voir www.passivhausprojekte.de). Par ex. celui du "Passivhaus Institut", de l'"IG-Passivhaus" ou encore de la "Passivhaus Deinstleistung GmbH". Ci-dessous, nous décrivons quelques exemples choisis. Ces exemples ont joué un rôle lors des dernières rencontres de la maison passive. Evidemment, le choix présenté ici est bien éloigné de l'exhaustivité. Il n'a pour but que de donner un aperçu de quelques réalisations.

La maison passive de Kranichstein à Darmstadt - la première maison passive, construite en 1990 (photo: Feist 2006). Quatre maisons mitoyennes en construction massive, premier utilisation de chassis de fenêtre isolés. Architectes: Prof. Bott / Ridder / Westermeyer. Ce bâtiment a fait l'objet d'un intense programme de mesures. Présenté avec une documentation photographique lors des *1ères rencontres de la maison passive 1996* (p. 153-180). Un compte rendu sur internet: 15 Jahre Passivhaus Darmstadt Kranichstein. Ce bâtiment a depuis des années une consommation de chauffage d'environ 10 kWh/(m²a), c'est donc une "maison 1-litre". La première maison normalement habitée avec une si haute performance énergétique. Le 7. octobre 2006 nous avons fêté les 15 ans d'existence 15-Jahrfeier des ersten Passivhauses.

Maisons passives unifamiliale à Lindlar du côté de Cologne, Architecte Manfred Brausem, construction 1998. En tout, cinq maisons passives ont été construites dans ce premier lotissement de maisons passives en Rhénanie du Nord-Westphalie. Ce sont les premières maisons unifamiliales indépendantes qui ont été construites selon le standard maison passive. Manfred

L'architecte Andreas Thomsen a au cours des *7èmes rencontres de la maison passive* 2003 à Hamburg décrit la manière de travail adoptée pour un projet primé: Dem **l'ensemble maison passive** Paul-Roosen-Straße à Hamburg St. Pauli. Ici, on a utilisé un "trou" dans le paysage du centre ville pour y réaliser un projet audacieux.

Brausem a écrit pour les *2ndes rencontres de la maison passive en 1998* la contribution "Maisons solaires passives en construction bois" (p. 169 - 179). Sur Internet on trouve ce projet ainsi que de nombreux autres de M. Brausem sous: http://www.passiv-haus.de/.

Le **Lotissement maison passive à Wiesbaden** a permis la comparaison directe des résultats de mesure de 22 maisons passives avec ceux de 24 maisons basse énergie situées au même endroit, réalisé par l'"Institut Wohnen und Umwelt" (IWU, Darmstadt). Folkmar Rasch a conçu ce lotissement et l'a réalisé en 1997. Les premiers résultats de mesure ont pu être présentés 1999 au cours des *3èmes rencontres de la maison passive* par Tobias Loga (p. 93 - 110).

Les résultats sur internet: Passivhäuser Wiesbaden.

Et puis le boom est arrivé. Au cours des *4èmes rencontres de la maison passive* à Kassel plus de 100 nouveaux projets de maisons passives ont été présentés. Entre autres, ce **premier HLM-maison passive à plusieurs étages,** construit par la GWG Kassel et conçu par les architectes Prof. Dr. Schneider, Hegger (HHS), und Nolte (ASP). Ce projet a fait partie du projet de démonstration européen "CEPHEUS". Ce projet montre en outre que le standard maison passive est réalisable dans les cadre des constructions à étage, financées par l'argent public. Le besoin en chauffage y est réduit de 82% en comparaison d'une construction semblable réalisée selon des méthodes plus

Un autre projet d'immeuble maison passive à Hamburg: La **maison passive "Pinnasberg"** sur l'Elbe a été conçue par Plan-R (architecte Reinig) et réalisé par la Hafenstraßengenossenschaft e.G.. Les autorités de l'environnement de Hamburg y ont fait réaliser une campagne de mesures scientifiques. Le compte rendu peut être downloadé sur internet (PDF, 179 pages, 6,2 MB: Passivhaus Pinnasberg).

"1000 maisons passives en Autriche": c'était le titre d'un exposé de Günter Lang à l'occasion des *8èmes rencontres de la maison passive* 2004 à Krems sur le Danube. Justement les architectes autrichiens ont largement utilisé pour leurs projets les possibilité de conception offertes par le concept de maison passive. Günter Lang parla du succès remporté par la maison passive en Autriche dans le groupe de travail 7 des *10èmes rencontres internationales de la maison passive.*

"conventionnelles". Un compte rendu sur internet: voir Cepheus, maison passive "Marbachshöhe".

Cette **maison passive unifamiliale** à Ottbergen du côté d' Hildesheim a été conçue et réalisée par Carsten Grobe. Il l'a présentée lui-même au cours des *5èmes rencontres de la maison passive*. Carsten Grobe a aussi conçu et réalisé des maisons passives qui ne sont pas des habitations. Carsten Grobe représente le groupe 3 au cours des 10èmes rencontres de la maisons passive.

La **résidence étudiante "Burse"** du campus de l'université de Wuppertal, a été construite dans les années 70, et était avant sa rénovation une "épave énergétique". Elle a été transformée en une maison passive par les concepteurs Michael Müller und Cristian Schlüter. Le résultat était l'un des points forts des *6èmes rencontres européennes de la maison passive 2002 à Bâle* (p. 159-167). Les résultats ont été présentés par P. Engelmann und M. Kramp au cours des 10èmes rencontres de la maison passive à Hannovre.

Les maisons passives du **projet d'habitat Nestwerk à Dresde-Pillnitz** ont été construites en 2000/01 par Reiter und Rentzsch architectes (Dresden) et présentées lors du même congrès de Bâle. Olaf Reiter a aussi référé au cours des 10èmes rencontres de la

Une maison passive unifamiliale à Ardagger, projet des architectes Prehal et Poppe. La maison passive ne possède pas de chauffage conventionnel et est principalement chauffée par l'énergie solaire passive et les dégagements de chaleur internes.

Un autre projet des architectes Prehal et Poppe: La **maison passive à Öhling** n'est pas orientée vers le sud, contrairement aux thèses généralement enseignées. Son enveloppe de mélèze non traité séduit ainsi que sa terrasse douce et son terrain orienté vers la vallée et le village. (Année de construction 2000).

L'architecte Prof. Hermann Kaufmann a realisé son **bureau d'architecture** Kaufmann/Lenz /Gmeiner à Schwarzach / Vorarlberg en 1999 en tant que maison passive.

maison passive au sujet de jardins d'enfant-maison passive.

Maison passive à St. Jakob à Frankfurt, projet et réalisation, bureau "faktor 10" (Petra Grenz und Folkmer Rasch), la partie du bâtiment que l'on voit est orientée vers le nord, pour permettre la vue sur le Feldberg du des monts du Taunus. Une étude scientifique systématique a été présentée par Sören Peper au cours des *9èmes rencontres de la maison passive* à Ludwigshafen (p. 373 - 380). Elle montre, en contradiction avec l'opinion largement répandue, que les maisons passives orientées vers le nord, ça marche aussi. A la condition qu'elles soient conçues d'une manière conséquente à l'aide de l'outil PHPP . Le compte rendu de recherche est publié et à downloader sur Internet: Passivhaus in Nordorientierung.

Un bâtiment ancien a été rénové en tant que **"maison passive dans l'existant"** par la GAG de Ludwigshafen. *Andrè Zaman* a de l'expérience dans la transormation et a présenté les premiers résultats lors des *10èmes rencontres de la maison passive*. La technique "maison passive" est adaptée aux rénovations dans l'existant Bestands-Sanierungen. De cette manière, on obtient des économies d'énergie considérables.

(actualisé le 05.11.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées.
Traduction:lamaisonpassive.fr)

Le standard maison passive - économise de l'énergie, et cela sans contestation

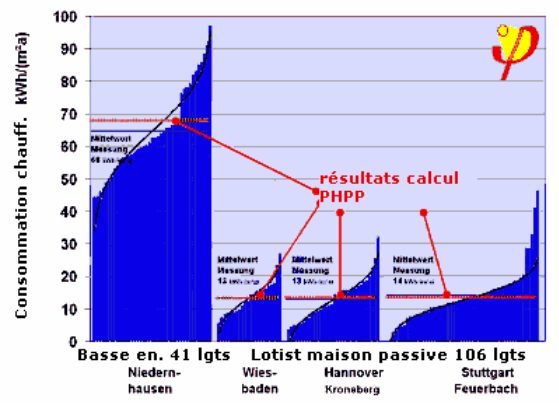


Schéma. 1 Aperçu des consommations: dans ce diagramme, les mesures de consommation de chauffage de quatre lotissements sont mis côté à côte: un lotissement basse énergie (à gauche) et trois lotissements maison passive.

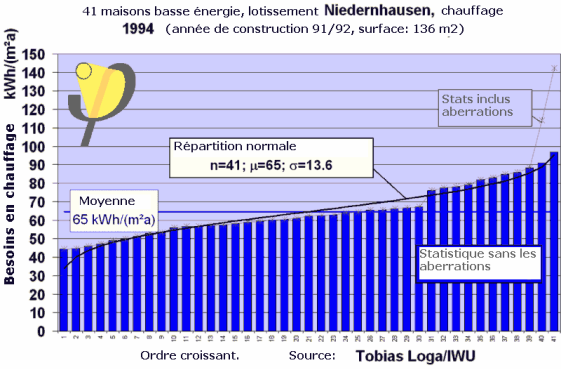

41 maisons basse énergie, lotissement Niedernhausen, chauffage 1994 (année de construction 91/92, surface: 136 m2)
Besoins en chauffage kWh/(m²a)
Stats inclus aberrations
Répartition normale n=41; μ=65; σ=13.6
Moyenne 65 kWh/(m²a)
Statistique sans les aberrations
Ordre croissant. Source: Tobias Loga/IWU

Schéma. 2 Statistique de consommation d'un lotissement basse énergie: le lotissement avec 41 maisons basse énergie à Niedernhausen a été complété en 1992. Les mesures de consommation ont été réalisées par T. Loga et M. Großklos [Loga 1997]. La consommation moyenne de 65 kWh/(m²a) correspond à la valeur calculée de 68 kWh/(m²a) [PHPP] dans le cadre des précisions atteignables. (la courbe intégrée est la gaussienne correspondante.

Remarque pour qui est féru de mathématique [2])

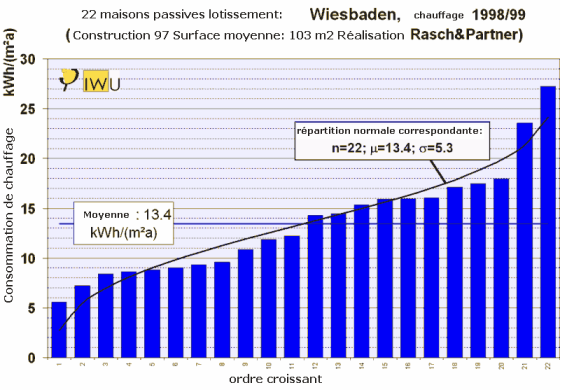

22 maisons passives lotissement: Wiesbaden, chauffage 1998/99
(Construction 97 Surface moyenne: 103 m2 Réalisation Rasch&Partner)
Consommation de chauffage kWh/(m²a)
IWU
répartition normale correspondante: n=22; μ=13.4; σ=5.3
Moyenne : 13.4 kWh/(m²a)
ordre croissant

Schéma.3 Statistique de consommation pour le lotissement maison passive de Wiesbaden: le lotissement de 22 maisons passives a été construit en 1997. La consommation moyenne de 13,4 kWh/(m²a) correspond très bien avec le besoin calculé de 13 kWh/(m²a) [PHPP] (Remarque pour qui est féru de

Le **besoin** en chaleur d'un bâtiment est obtenu par le calcul. La **consommation** réelle, elle dépend de nombreux facteurs, comme le comportement de l'utilisateur ou de la météo. Pour les maisons passives, on dispose de nombreuses années d'expérience et des résultats de mesures de consomamtion réelles. Avec ces résultats, on peut parler sérieusement de la fiabilité du concept de maison passive.

Même dans les maisons de construction identique, il y a toujours des différences d'utilisation dûes aux comportements des utilisateurs. C'est pourquoi, il faut que la consommation soit mesurée pour une nombre représentatif de maisons de construction semblable de manière à ce que l'influence des comportements soit lissés et que l'on puisse comparer directement la qualité des constructions. Le schéma.1 sur le côté gauche de la page montre un aperçu des résultats de mesure dans 41 logements basse énergie, et en tout 106 maisons passives. Ces résultats de mesure permette de déduire de nombreuses conclusions interessantes.

Lotissement basse énergie

A titre de comparaison, le lotissement de 42 maisons à basse énergie de Niedernhausen est présenté. Les valeurs individuelles des lectures de compteurs de chaleur pour l'année 1994 sont présentées sur le schéma.2 (Messung: [Loga 1997]). Dont la valeur moyenne est **65,56 kWh/(m²a)**. (voir "remarques sur l'unité" sur la page de gauche).

Cette valeur moyenne de consommation est nettement inférieure à la moyenne de consommation de chauffage en Allemagne, qui est de l'ordre de 160 kWh/(m²a). La consommation dans un lotissement basse énergie est donc inférieure d'environ 60% à la consommation moyenne du parc. Cela dit, il faut remarquer que le standard de construction de ce lotissement, bien que construit en 1991, est meilleur que la réglementation actuelle (EnEV). Le schéma.2 montre aussi que les valeurs individuelles sont réparties de façon "normale" autour de la moyenne. L'influence de l'utilisateur sur la consommation est indiscutable. Elle est d'ailleurs assez importante. D'ailleurs ce n'est pas une spécificité des maison économe en énergie. C'est pareil avec les maisons mal isolées. L'écart type (une unité pour décrire l'écart moyen des valeurs individuelles par rapport à la moyenne) est pour ce lotissement de 13,6 kWh/(m²a) c'est à dire 21% par rapport à la valeur moyenne de consommation.

Si l'on se base sur la valeur moyenne, les différence dûes aux utilisateurs se compensent. D'autant mieux que le nombre de valeurs prises en compte est élevé. La valeur moyenne de consommation est pour ce lotissement de manière statistique correcte à ±2 kWh/(m²a) près. Il est donc assuré de manière statistique que le standard basse énergie concoure à une sensible économie d'énergie (60% ± 1%) en comparaison des maisons construites en moyenne dans le passé.

Le lotissement maison passive à Wiesbaden/Dotzheim

Il s'agit du premier lotissement de maisons passives en Allemagne (année de construction 1997, Bauträger Rasch&Partner) composé de 22 maisons. Sur le schéma.3, les valeurs de consommation de la période de chauffage 1998/99 sont documentées. La valeur moyenne donne **13,4 kWh/(m²a)**. Ainsi la consommation dans le lotissement maison passive est de 80% ionférieure à celle du lotissement basse énergie de Niedernhausen.

L'écart type des valeurs individuelles correspond à 5,3 kWh/(m²a). Elle est beaucoup plus faible que dans le lotissement basse énergie. Pourtant le comportement des utilisateurs est plus visible dû aux valeurs de

mathématique[2])

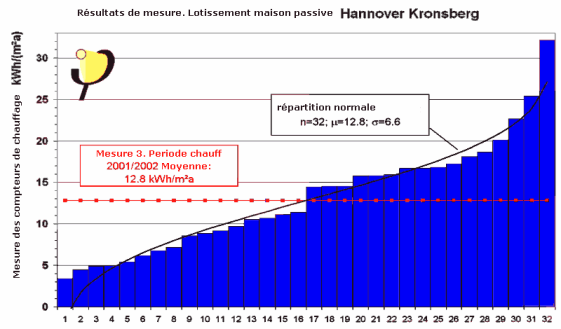

Résultats de mesure. Lotissement maison passive Hannover Kronsberg
Mesure des compteurs de chauffage kWh/(m²a)
répartition normale
n=32; μ=12.8; σ=6.6
Mesure 3. Periode chauff 2001/2002 Moyenne: 12.8 kWh/m²a

Schéma. 4 Statistique de consommation pour le lotissement maison passive de Kronsberg à Hannovre: le lotissement de 32 maisons passives a été terminé en 1999. La consommation moyenne la troisième année (2001/2002) était de 12,8 kWh/(m²a). Le besoin calculé selon le [PHPP] correspondait à 13,5 kWh/(m²a). (Remarque pour qui est féru de mathématique[2])

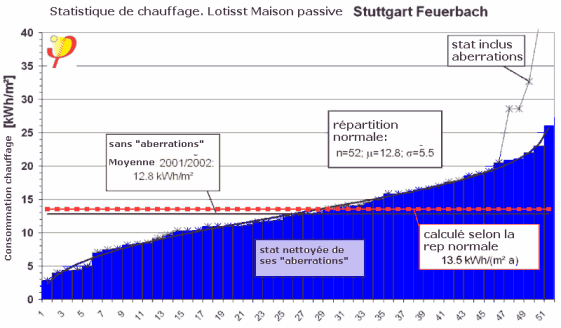

Statistique de chauffage. Lotisst Maison passive Stuttgart Feuerbach
Consommation chauffage [kWh/m²]
stat inclus aberrations
répartition normale:
n=52; μ=12.8; σ=5.5
sans "aberrations"
Moyenne 2001/2002: 12.8 kWh/m²
calculé selon la rep normale 13.5 kWh/(m² a)
stat nettoyée de ses "aberrations"

Abb. 5 Statistique de consommation pour le lotissement maison passive de Stuttgart/Feuerbach: le lotissement de 52 maisons passives a été terminé en 2000 (bureau d'architecture Rudolf). La consommation moyenne était de 12,8 kWh/(m²a). Le besoin calculé selon le [PHPP] de 13,5 kWh/(m²a) (Remarque pour qui est féru de mathématique[2]).

Remarques:

[1]) **Au sujet de l'unité**: 1 kWh (kilowattheure) est une unité d'énergie. Un litre de fioul ou 1 m³ de gaz ont à peu près une valeur de chauffe équivalent à 10 kWh.

Ici, on utilisera constamment le paramètre q_H pour la comparaison: $q_H = Q_H / A_{EBF}$.

Q_H est la valeur mesurée de la consommation de chauffage. Tous les projets ont été mesurés au point de transfert de la distribution de chaleur (généralement avec des compteurs de chaleur; pour de plus amples détails, reportez vous aux compte-rendus scientifiques cités).

Exemple: compteur de chaleur avec sortie m-Bus , qui ont été utilisés dans les 32 maisons passives deu lotissement de Hannover Kronsberg. La technique de mesure est dcite dans [Peper/Feist 2001]. En plus il y a pour des raisons de contrôle il y a un compteur général pour consommations très faibles. La valeur moyenne est statistiquement valable à ±1,1 kWh/(m²a) près. L'économie d'énergie par le standard maison passive est ainsi assurée. Elle correspond à

(80% ±5%) d'économie par rapport au standard basse énergie
(92% ±1%) d'économie par rapport à la moyenne de consommation allemande.
(Mesure Wiesbaden-Dotzheim: [Ebel 2003] ; [Feist/Loga/Großklos 2000]).

Lotissement maison passive à Hannovre/Kronsberg

Le lotissement maison passive à Hannovre-Kronsberg comporte 32 maisons mitoyennes de construction mixte quasiment toutes similaires. Le lotissement a été construit en 1998/99. Toutes les maisons individuelles ont été projetées séparément. Il s'agit d'une partie du programme CEPHEUS. Sur le schéma.4 les valeurs de consommation de la période de chauffe 2001/2002 sont documentées. La valeur moyenne donne **12,8 kWh/(m²a)**. Ainsi la consommation de ce lotissement de maisons passives est 81% inférieur à celle du lotissement basse énergie de Niedernhausen. [Peper/Feist 2002]
Les valeurs de consommation moyennes relevées de toutes les maisons passives du lotissement donne:

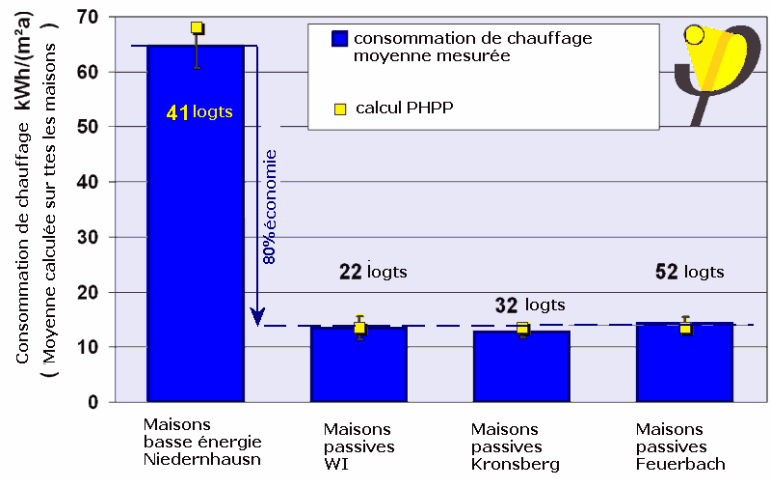
1. Période de chauffe 1999/2000: 14,9 kWh/(m²a)
2. Période de chauffe 2000/2001: 13,3 kWh/(m²a)
3. Période de chauffe 2001/2002: 12,8 kWh/(m²a).

La très faible consommation d'énergie est donc aussi assurée par la statistique. L'écart type est de 6,6 kWh/(m²a), la précision de la valeur moyenne est de ±1,2 kWh/(m²a).

Le lotissement de maison passive Stuttgart/Feuerbach

Le lotissement de maisons passives de Stuttgart Feuerbach ("Schelmenäcker Weg") comptant en tout 52 maisons à étage et mitoyennes a été réalisé en 2000 par le bureau d'architecture Rudolf. Le schéma.5 présente les valeurs de consomamtion de la période de chauffage 2001/2002. La valeur moyenne y est de **12,8 kWh/(m²a)** [Reiß/Erhorn 2003]. Ce lotissement contient moins de valeurs "aberrantes".

Pour le lotissment de maisons passives de Stuttgart Feuerbach, la consommation extrêmement faible de chaleur est validée par les statistiques. L'écart type des valeurs représente 5,5 kWh/(m²a), la précision de la moyenne est de ±0,8 kWh/(m²a).



chaquerangée de bâtiment.

Cette mesure contient les pertes de distribution ainsi que les pertes de transfert. La mesure ne contient en revanche aucune perte dûe au générateur de chaleur.

A_{EBF} est la "surface de référence énergétique". Pour tous les résultats présentés ici, cela correspond à la "surface habitable". On a choisi la surface de référence qui est aussi la base de toutes le factures de chauffage et celle des statistiques officielles. Il reste à préciser que la surface A_N selon le calcul de l'EnEV est environ 20 à 30% plus grande que la surface habitable. Les valeurs énergétiques basées sur A_N paraissent donc nettement inférieures qu'ils ne sont dans la réalité. C'est pourquoi nous utilisons d'une manière cohérente la vraie surface habitable comme référence.

[2]) Dans les diagrammes, nous avons aussi intégré les courbes de Gauss ou les répartitions normales:

$1/(sv2vp)\int e^{-½ (x-\mu)^2/\&sigma^2}$,

pour être précis, excatement leur inverse, c'est à dire la fonction, "Norminv" de la feuille de calcul. A ce titre,
µ est la valeur moyenne
s est l'écart-type.

De plus, nous avons donné le nombre n des bâtiments compris dans l'échantillon. Déjà un aperçu sur le diagramme montre que les valeurs de consommation de chauffage des constructions semblables peuvent être très bien approximées par une distribution normale. Pour de plus amples détails, voir le compte-rendu final de CEPHEUS [Schnieders/Feist 2001] (test Chi-carré; test Kolmogoroff-Smirnov). On y discute aussi quelles sont les conséquences du fait que la distribution est de facto coupée par la valeur nulle.

Cette information présente sur internet se rapporte à des rapports scientifiques publiés. Les sources sont citées et les rapports sont à la disposition de tous ceux que cela intéresse. Les valeurs mesurées correspondantes ont été relevées par trois instituts indépendants: le Passivhaus Institut (PHI), l' Institut Wohnen und Umwelt (IWU) et le Fraunhofer Institut für Bauphysik (ibp). Les résultats présentés ici sont confortés par de nombreuses autres campagnes de mesure, que les Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) a pratiquées.

Concernant la pratique et le quotidient dans les maisons passives, chacun peut s'informer par lui-même. Au début du mois de novembre de chaque année, la IG-Passivhaus organise la "journée de la maison passive". Ce jour là, de très nombreuses maisons passives ouvrent leurs portes aux visiteurs. Vous pouvez demander directement leur opinion aux habitants .

Les économies d'énergie des maisons passives ne sont pas faites au détriment du confort: tout au contraire, il règne dans les maisons passives un climat très agréable et il y a toujours de l'air neuf. (voir la page "le confort").

Est-ce que la maison passive est la variante extrême de la construction économe en énergie?

De nombreuses personnes pensent qu'une maison passive doit être très chère puisqu'elle économise tant

Schéma. 6 Ce graphique présente à titre de comparaison les valeurs de consommation dans le lotissement de référence basse énergie (à gauche, 65 kWh/(m²a)) et dans les trois lotissements de maisons passives (à chaque fois aux alentours de 13 kWh/(m²a)).

La consommation dans les maisons passives est ainsi d'après ce valeurs mesurées de 80% inférieure à ce qu'elle est dans les maisons à basse énergie. Toutes les valeurs moyennes relévées correspondent aux valeurs précédemment calculées à l'aide du PHPP.

Conséquences

Les mesures faites dans les lotissement de maisons passives montrent:

- Les actions individuelles, c'est à dire l'isolation, le vitrage triple et la récupération de chaleur sont efficaces. Des écarts de plus de 1 kWh/(m²a) seraient reconnaissables dans la moyenne. Ils n'apparaissent pourtant pas.
- La méthode de calcul ainsi que les conditions utilisées se vérifient dans la pratique. Les différences entre le bilan calculé et les valeurs mesurées sont très faibles.
- Zusätzliche Wärmeverluste, Les pertes de chaleur supplémentaires c'est à dire les pertes de transfert de chaleur ou les pertes dûe à l'aération par le fenêtres, d'après les statistiques publiées, n'ont aucune influence importante sur la consommation de chaleur. Elles doivent donc être comprises dans les limites de ±1 kWh/(m²a) et sont du coup, négligeables.

Conclusion

Des utilisateurs différents, même s'il habitent les mêmes maisons ont des comportements différents. D'ailleurs même très différents: des écarts-type de von ±50% ne sont pas des exceptions. Cela n'est pas spécifique aux maisons passives. La cause principale est liée à la température "conseillée" pendant la période de chauffe. Cela dit, les consommations les plus élevées dans les maisons passives sont encore nettement plus faibles que les plus faibles dans les constructions neuves habituelles...

Le concept de maison passive conduit d'une manière prouvée et réproductible à une très grande économie d'énergie, qui est de plus de 90% par rapport à la moyenne du parc existant et comparé aux réglement des constructions neuves, en moyenne encore d'environ 80%.

Literatur:

[Ebel 2003] Ebel, W.; Großklos, M.; Knissel, J.; Loga, T. und Müller, K.: **Habiter dans les maisons passives et à basse énergie. Une analyse comparative des facteurs d'utilisation. Basé sur l'exemple du lotissement „Gartenhof Lummerlund“ à Wiesbaden-Dotzheim**, Endbericht / Energie; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2003.

[Feist/Loga/Großklos 2000] Feist, W.; Loga, T. und Großklos, M.: **La confirmation par les mesures - Consommation d'énergie de 22 maisons passives à Wiesbaden en dessous de 15 kWh/m² de surface habitable**, in BundesBauBlatt, 3/2000, S. 23-27.

[Loga 1997] Loga, Tobias; Müller, Kornelia; Menje, Horst: **Le lotissement à basse énergie de Distelweg à Niedernhausen**, Ergebnisse des Messprogramms, 1. Auflage, Institut Wohnen und Umwelt, 1997.

[Peper/Feist 2001] Peper, Sören; Feist, Wolfgang: **Etudes et évaluation des mesures - Le lotissement de maisons passives, neutres pour le climat de Hannovre-Kronsberg**; 1. Auflage, Proklima, Hannover 2001; dieser Bericht kann kostenlos bei proKlima bezogen werden.

[Peper/Feist 2002] Peper, Sören; Feist, Wolfgang: **Le lotissement neutre pour le climat de Hannovre-Kronsberg. Analyse de la troisième année d'exploitation**; 1. Auflage, Proklima, Hannover 2002; dieser Bericht kann kostenlos bei proKlima bezogen werden.

[Reiß/Erhorn 2003] Reiß, Johann und Erhorn, Hans: **Validation par la technique de mesure du concept énergétique d'un développement de la maison passive à Stuttgart-Feuerbach**, IBP-Bericht WB 117/2003,

d'énergie. Ce n'est pourtant pas le cas. L'efficacité est améliorée dans les composants qui sont de toute façon nécessaires dans une construction. Du coup, il est possible d'obtenir une charge financière avec une maison passive qui soit inférieure de celle que l'on aurait avec une construction plus standard. Cela est rendu possible parce que les économies d'énergie annoncées sont aussi réelles. Comme le montre les lotissements documentés ici.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart 2003.

[Schnieders/Feist 2001] Schnieders, Jürgen; Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer; Kah, Oliver: **CEPHEUS - accompagnement scientifique et évaluation , Rapport final,** Projektinformation Nr. 22, 1. Auflage, Passivhaus Institut, 2001

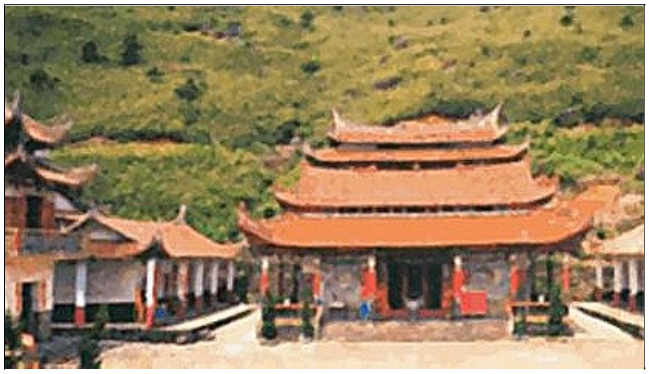
(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

Remarques historiques

aufbereitet vom Passivhaus Institut .

Quand la première maison passive a-t-elle été construite? Qui a découvert la maison passive? Est-ce que la maison passive est un nouveau nompour les maisons "super isolées" (superinsulated homes)? Ici vous trouverez quelques remarques sur tous ces sujets. Evidemment non exhaustif, mais en s'efforçant d'être le plus clair possible.



Bâtiments traditionnels en Chine du sud. Dans ce climat, c'est plutôt l'été qui nécessite une climatisation. Les maisons n'ont pas besoin de chauffage.

Les maisons passives traditionnelles

Dans de nombreuses régions climatiques de la planète, on n'a pas besoin de chauffage et pas non plus besoin de climatisation active, à condition de construire un minimum "intelligemment" (Une partie de l'Iran, la côte du Portugal, une partie de la Chine du sud,...). Là-bas, on a toujours construit des "maisons passives", même si elle n'ont pas été recensée de cette manière. Bo Adamson l'a fait en 1990 et pour répondre à la question s'il était possible de transposer l'idée avec les moyens techniques européens, le projet de recherche a "maison passives" a été créé.

[Adamson 1992] Adamson, B. "**Passive Climatisation of Residential Buildings in China**", Lund University, Report TABK-92/3006 (1992)

Maisons "herbe-tourbe" en Islande.

Maisons passives traditionnelles en Islande

En Islande, il s'est développé après la crise du bois de chauffage au moyen-âge, une tradition de la construction "herbe-tourbe". C'était des maisons passives, même sans fenêtres adaptées ni ventilation suffisantes.

La crise du bois de chauffage: au 17. et 18. siècle, le bois de chauffage à cause de la surexploitation des forêts est devenu une denrée rare. La solution en Europe a été de privilégier le charbon. En Islande, cette solution n'existait pas. Le besoin rendant ingénieux, les islandais ont vite compris que des maisons bien isolées restent d'elle-mêmes chaudes.

L'auteur de ces lignes a découvert l'existence de ces maisons en 1998.

Le "Fram", le navire polaire de Fritjof Nansen, était une

Le navire d'exploration polaire Fram était une maison passive (!)

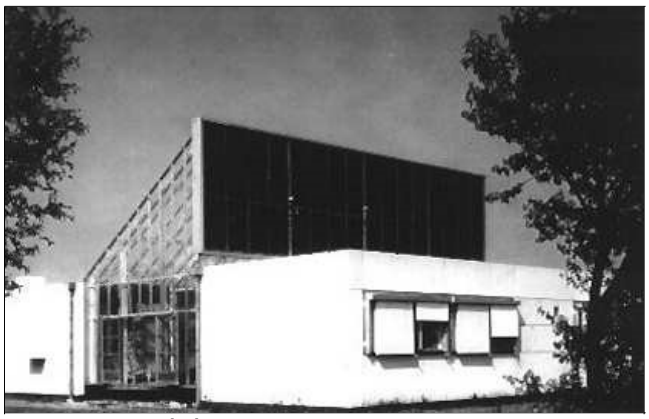
La première maison passive complète et fonctionnant, n'était pas une maison mais un bateau !Le **Fram** de *Fritjof Nansen* (1883). Il écrit lui-même:

"... Les murs sont recouverts de feutre goudronné, ensuite d'une épaisseur de liège, après une menuiserie de sapin, puis à nouveau une couche de feutre, puis un linoleum étanche à l'air et enfin une nouvelle boiserie. Les ponts ... ils ont en tout une épiassuer d'environ 40 cm. La fenêtre par laquelle le froid pourrait entrer particulièrement facilement, a été protégé par du triple vitrage et d'autre manière. (Ici) c'est une endroit de séjour agréable et confortable. Que le thermomètre descende de 5° ou de 30° sous zéro, nous n'avons pas de feu dans le poêle. LA ventilation est excellente, ...puisqu'elle évacue grâce le ventilateur l'air froid hivernal. Je joue avec l'idée de me débarasser du poêle; il est surtout dans le chemin." (cf Nansen: "**Dans la nuit et la glace**", 1887)

maison passive (1883).

Les informations concernant le navire polaire maison passive ont été "déterrées" par Rainer Pfluger en 1999.

La recherche systematique: Vagn Korsgaard et la maison énergie nulle du UTD



La maison à énergie nulle du DTHsur le campus de Copenhague.

La maison à "énergie nulle" de l'UTD et du Prof. Vagn Korsgaard (Copenhague, 1973) était une maison passive. Des simulations ont été pratiquées systématiquement à l'Université Technique Danoise (UTD), les projets optimisés et la première d'une telle maison, construite. L'objet est comme auparavant utilisé comme auberge de l'université. Tous les systèmes passifs fonctionnent encore. En revanche, la technique solaire active après être tombée en panne, n'a pas été renouvelée.

L'objectif "maison à énergie nulle" a été d'une manière compréhensible, remplacé à l'UTD par le projet de "maison basse énergie".

[Korsgaard et al 1978] **DTH-Nul-Energihus**; Technical University of Denmark, 1978

Les expériences de ce projet ont dés le début profité à la recherche de la maison passive.

Le travail systématique en Allemagne: Hörster et Steinmüller avec la maison expérimentale Philips

La maison expérimentale Philips (source: Hörster et al)

En même temps que les développements scandinaves et américains, il y avait en Allemagne un projets financé par le ministère fédéral de la recherche d'analyse systématique des bâtiments énergétiquement efficaces, qui était dirigé par H. Hörster, et auquel participait B. Steinmüller ainsi que d'autres. A l'aide de simulations les paramètres décisifs pour des maisons économes en énergie ont été déterminéset confirmés par des campagnes de mesures. Le résultat en a été une maison unifamiliale super isolée avec une technique solaire active, qui a fait l'office de maison expérimentale. Elle n'a cependant pas été habitée.

H. Hörster (Hrsg.): **Les chemins qui mènent à une maison économe en énergie**; Hamburg, 1980

Les expériences de ce projet ont dés le début profité à la recherche de la maison passive.

Des pionniers en Amérique du Nord: William A. Shurcliff et Wane Shick

Exemple d'une maison super-isolée "superinsulated home" aux USA.

Toute une série de déceloppements de la fin des années 70 et du début des années 80 étaient très proches de la maison passive ("superinsulated houses"). William A. Shurcliff (1981) a livré de nombreuses publications à ce sujets. Ces travaux ont été une base importante pour les maisons à basse consommation et les maisons passives en Europe

[Shurcliff 1980] **Super Insulated Houses and Double Envelope Houses**, Brick House, Andover, 1st edition 1981

Passive par 2164 m d'altitude: le Rocky Mountains Institute d'Amory & Hunter Lovins

Le "Rocky Mountains Institute (rmi)" de A. et H. Lovins. (Foto: rmi)

Amory Lovins, connu dans le monde entier pour ses publications sur les démarches d'énergies alternatives, ne s'est pas contenté de la théorie. Il a construit par 2164 m d'altitude à Old Snowmass au Colorado, une maison extrêmement bien isolée et en même temps solaire passive. Dans le jardin d'hiver pousse une végétation tropicale; le poêle n'est quasiement jamais utilisé.

Ces expériences ont donné à la recherche sur la maison passive l'assurance et la confiance que la physique fonctionne aussi dans la proatique. A. B. Lovins a rendu visite en 1995 à la maison passive de Kranichstein à Darmstadt. Lovins a suggére que la maison passive ne soit pas simplement un projet de recherche mais aussi un standard énergétique pour l'avenir.

Lovins, A. & H.: **Energie douce**, Hamburg 1978
Carlock, M.: **A Solid Stand on Solar Battlements**; in Solar Age, Jan 1985, S. 19-22
Weizsäcker, U.; Lovins, A. & H.: **Facteur Quatre**, München 1995

La "Nulli" à Dörpe

La maison énergie nulle à Dörpe du côté d' Hannovre.

La "maison à énergie nulle"de Erhard Wiers-Keiser et de l'association "Atelier de l'avenir écologique - maisons à énergie minimale et nulle" (1989) a des valeurs calculées inferieures à celle d'une maison passive, dans la pratique cependant, des valeur malheureusement un peu plus importantes. Les problèmes sont venus de l'étanchéité à l'air (papier de bâtiment non renforcé), de l'isolation et de la technique solaire. Les 10 m³ de réserve solaire annuelle ont été enlevés par la suite, pour faire de la place pour une nouvelle aile. La maison est toujours occupée - comme une "presque maison passive". Robert Borsch Laaks a livré un compte-rendu décisif en ce qui concerne les développements des détails.

Hinz, E. et al: **Mesures et évaluation de la maison à écologique à énergie nulle de Dörpe**, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1994

Sur ce projet de nombreux groupe de recherche de la maison passive ont pris part.

Les problèmes principaux des maison du passé étaient:

- Le manque de conscience de l'importance de l'étanchéité à l'air. La connaissance de ce sujet a été principalement travaillée en Suède. Prof. Arne Elmroth est l'un des pionniers en la matière
- Un manque de solutions disponibles pour des fenêtres énergétiquement efficaces (Lovins: "nous aurions dû réaliser une meilleure séparation thermique des chassis."). Du coup, les fenêtre étaient souvent petites ou bien elles devaient être recouvertes d'une isolation temporaire. Deux raisons pour laquelle un large déploiement n'était pas possible.
- Un manque de fiabilité de l'efficacité énergétique de la technique utilisée. Dans de nombreux projets, on en est arrivé à l'effet "technological christmas trees" (arbre de noël technologique), une technique compliquée, qui à la fin ne fonctionnait pas ou qui ne fonctionnait pas longtemps.

Les contributions de nombreux autres pionniers sont aussi à remarquer, notamment en Suisse (par ex. Conrad U. Brunner, Ruedi Kriesi et Josef Jenni) et en Autriche (Helmut Krapmeier, Richard Caldonazzi, Sture Larsen).

Maisons super basse énergie de Hans Eek

En suède, on a choisi la voie de la "maison basse énergie". Les expériences avec une technique complexe et peu fiable ont été faites assez tôt et on y a appris à faire l'essentiel de manière correcte: étanchéité à l'air, très bonne isolation, de bonnes fenêtres et une ventilation fiable. Un pionnier important est en Suède Hans Eek - son expérience personnelle reflète les expériences de la recherche du bâtiment: du "technological christmas tree" en passant par la

Ingolstadt-Halmstadt: Maisons basse énergie (30 kWh/(m²a) besoin de chaleur) de l'architecte Hans Eek (1985).

maisons "super basse énergie" our en arriver à la maison passive. A gauche sur cette page vous verrez les maisons mitoyennes du projet germano-suédois d'Ingolstadt-Halmstad. Ces maisons ne sont pas des maisons passives, mais pour y arriver, ce n'est qu'un tout petit saut.

Hans Eek était et est un partenaire de coopération dans toutes les phases du développement de la maison passive.

La maison solaire autarcique de l'ISE à Freiburg. Le bâtiment est aujourd'hui utilisé comme une maison passive.

La maison solaire autarcique en énergie de Freiburg

La "maison solaire autarcique en énergie" (ISE, Freiburg 1991/92, Wilhelm Stahl) a été praitiquement érigée en même temps que la maison paissive de Darmstadt. Elle est très proche d'une maison passive. La technique d'alimentation très complexe à base d'un stockage d'hydrogène a été abandonnée à la fin de la campagne de mesure. Les techniques passives et la récupération de chaleur se sont très bien comportés. Aujourd'hui le ISA teste dans cette maison des appareils compacts pour la maison passive sous des conditions normales de fonctionnementpour déterminer leur fiabilité.

Avec l'ISE et t Wilhelm Stahl les groupe maison passive a échangé pendant la construction du projet et une aide mutuelle a vu le jour.

La maison passive Kranichstein à Darmstadt côté sud.

La maison passive de Kranichstein à Darmstadt

Une équipe de scientifique a participé au "projet de construction de maisons passives". Une équipe internationale à laquelle Bo Adamson et Gerd Hauser ont contribué. Sponsorisé par le Land de Hesse, les conditions pour des maisons énergétiquement efficaces ont été systématiquement analysées et les prototypes pour de nouveaux matériaux développés et réalisés. Entre autre des chassis de fenêtres isolés, des ponts thermiques réduits et une ventilation régulée.
Selon les plans du Prof. Bott/Ridder/Westermeyer quatre unités de logement en 1990/91 ont été construite sous le statut d'une propriété collective privée. Les maisons sont normalement habitées depuis 1991. Un programme de mesures accompagnatrices suscite le recueil de connaissance concernant les matériaux hautement isolants, les fenêtres, la récupération de chaleur, le comportement des utilisateurs, la qualité de l'air intérieur, la disponobilité des sources de chaleur intérieures et plein d'autres choses.

La maison passive Kranichstein à Darmstadt côté nord.

Sous des conditions normales d'utilisation, ce projet confirme le fonctionnement impeccable de tous les composants essentiels. Et ceci sans faille jusqu'à aujourd'hui. La consommation d'énergie mesurée pour le chauffage est depuis 15 ans stable et inferieure à 10 kWh/(m²a). L'économie en comparaison des bâtiments standards est de plus de 90%. On y a mesuré une très bonne qualité de l'air intérieur ainsi qu'un grand confort thermique et cela a été confirmé par les questionnaires remis aux habitants.

Les composants essentiels (par ex. les chassis de fenêtres isolés) étaient pour ce projet des productions artisanales. Leur fonctionnalité parfaite a été l'occasion de démarrer des productions industrielles.

Feist, W. (Hrsg.): **Projet de préparation d'une construction de maisons passives**; IWU, Darmstadt, 1992

Feist, W. und Werner, J.: "**Energie totale < 32 kWh/(m²a)**"; Bundesbaublatt 2/1994

La maisons passive est un concept de haut confort avec une consommation très réduite de chauffage. La définition précise en est:

"Une maison passive est un bâtiment dans lequel le confort thermique (ISO 7730) est seul réalisé par le réchauffement ou le rafraîchissement de l'air neuf, qui est nécessaire à la qualité de l'air intérieur (DIN 1946), sans utiliser d'autre circulation d'air."

Cette définition est essentiellement fonctionnelle, ne contient aucune valeur et est valable pour tout climat. Cette définition montre qu'il ne s'agit pas d'un standard aléatoire, mais d'un concept fondamental.

La maison passive n'a pas été inventée. Le principe de la maison passive a été bien plus découvert.

Ce n'est pas rare dans l'histoire que des principes aient été utilisés avant qu'on en soit conscient. De nombreuses personneste et institutions ont participé à sa découverte; sans ces individus une pièce importante du puzzle aurait manquée. Cahque liste est incomplète, puisque le travail scientifique se base toujours sur des travaux scientifiques antérieurs, sans toujours en être conscient. Ce qui a été énormément important, ce sont les opposants: toutes ces personnes qui disaient clairement qu'elles pensaient que l'approche ne valait rien. Elles ont aidé à précisé les idées et de clarifier les principes.

"Maison passive" n'est pas un autre nom pour des "maisons super isolées" (Superinsulated Houses), bien qu'une maison passive ressemblera forcément dans les régions de climat froid à une maison super isolée. Le concept de maison passive décrit la technique avec laquelle l'objectif fonctionnel doit être atteint, mais ne l'impose pas. Les "maisons solaires passive" ("Passive Solar Homes") qui nous viennent du fond des âges, sont aussi de bonnes bases pour faire des maisons passives fonctionnelles. Les "Passive Solar Homes" et les "Superinsulated Houses" ont été pendant de longues années comprisent par leurs défenseurs comme des concepts concurrents. Robert Hastings, pionnier de la "passive solar architecture" américaine aida d'une manière décisive à dépasser ces oppositions apparentes..

Comment les choses se sont passées après 1991 weiterging ? Cela vous le trouverez sur la page "des exemples de maisons passives", ainsi que dans les compte rendus des sessions des "rencontres de la maisonpassive" qui ont lieu chaque année (à partir de 1996).

Tout architecte compétent peut concevoir une maison passive. Etape après étape, pour toute construction nouvelle, le standard de maison passive peut être atteint (voir la page "pas à pas vers la maison passive").

Les maisons passives peuvent être visitées: une fois par an, il y a les "journées de la maison passive". Ce jour-là, il y a des centaines d'habitants de maison passives qui ouvrent leurs portes aux visiteurs, de manière à ce que tous ceux qui sont intéressés puissent se faire par eux-même une opinion sur les maisons passives. Les journées de la maison passive est organisée par:

IG PASSIVHAUS
Informations Gemeinschaft Passivhaus Deutschland

Les résultats actuels des projets de construction de maisons passives sont présentés dans les groupes de travail des "rencontres de la maison passive".

La maison passive n'est pas une marque de commerce, mais un concept de construction, qui est ouvert à tous. Vous en trouverez quelques exemples sur la page "des exemples de maisons passives".

Mais aussi dans la rénovation de l'ancien, les composants de la maison passive peuvent être judicieusement intégrés. Vous trouverez des exemples sur la page "la rénovation".

Pour plus d'information sur le concept de maison passive, voir aussi la page "la définition".

Est-ce que la construction des maisons passives est rentable ? Un calcul à titre d'exemple, vous en trouverez sur la page "la rentabilité des maisons passives".

(actualisé le 16.09.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

De la maison basse énergie à la maison passive - l'expérience avec les bâtiments sans chauffage

Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut Darmstadt, 1997
{Avec les commentaires rajoutés en 2006}

1. Remarque préliminaire

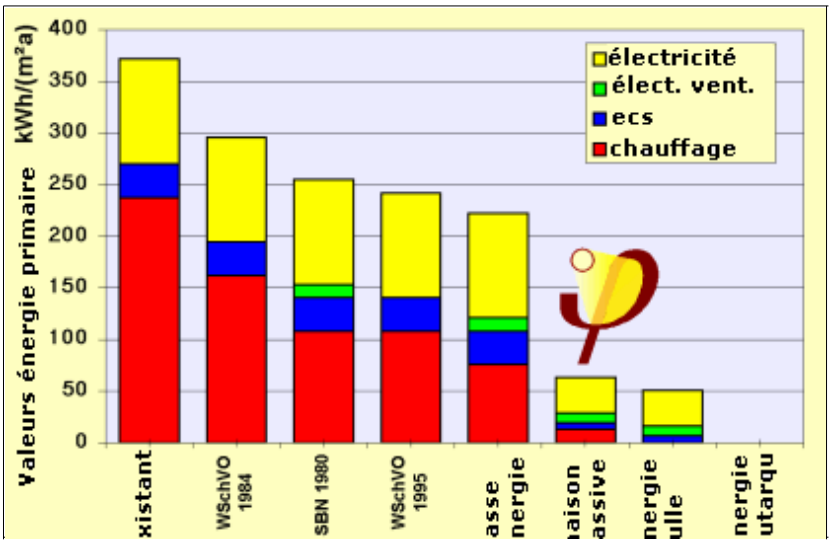
Les premières maisons à énergie nulle, qui ont été construites dans les années 70, exigeaient encore des systèmes techniques complexes et chers. Aujourd'hui l'expérience avec les maisons basse énergie nous conduit sur un chemin plus facile et praticable: des maisons économiques et très isolées sans système de chauffage, appelées maisons passives, sont le standard de demain. Les maisons passives sont simples, d'un fonctionnement sûr, faciles d'utilisation et confortables. Que la solution aux problèmes environnementaux liés à l'utilisation de l'énergie pour le chauffage soit si simple, n'était pas imaginée même pas par les experts il y a encore peu. La maison autarcique en énergie est aussi devenue réalisable, même si l'investissement est encore très important: les développements prochains sont cependant visibles. *{ 2006: les développements importants ont été réalisés dans les fenêtres et la ventilation depuis 1997. D'autres sont en bonen marche. La maison autarcique en énergie reste toujours dans des régions ou il y a un réseau de distribution d'électricité, trop chère et trop compliquée.}*

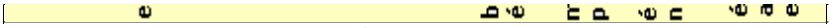
2. La maison basse énergie

La "maison à énergie nulle" est un but, dont la réalisation est poursuivie par de nombreux architectes et scientifiques depuis les années 70 (KORSGAARD 1976, HÖRSTER 1980, SHURCLIFF 1981). D'arriver à baisser la consommation d'une maison à zéro est une tâche extrêmement ambitieuse, qui aujourd'hui encore n'est resolue que par quelques onéreux projets pilotes *{cela n'est pas différent en 2006: l'énergie nulle est certes possible, mais pas réalisable massivement et économiquement parlant}* . L'expérience a conduit à un but un peu plus modeste: la maison basse énergie (MBE) s'est révélée être un standard simple, économique et rapide à mettre en place. En Suède au début des années 80, il y avait de nombreuses maisons basse énergie construites en tant que projet de démonstration ou de recherche. Ce Standard s'est tellement développé là-bas, que déjà au milieu des années 80 on y construisait principalement des maisons basses énergie, en dépassant en cela les exigences de la norme du bâtiment. Avec la "Nybyggnadsregler" de 1991, le standard maison basse énergie devint obligatoire en Suède. *{ 2006: la Suède s'est engagée politiquement à devenir indépendante du pétrole.}.* Mais en Allemagne aussi d'après le Parlement et le Gouvernement, la maison basse énergie doit d'ici la fin des années 90 devenir le standard du bâtiment. *{2006: la réglementation (EnEV) est entrée en vigueur en 2002. Cela dit, le niveau demandé est plutôt modeste, il reste en tout cas, bien en dessous des valeurs déjà exigées en Suède en 1980. Mais en Allemagne aussi on construit souvent bien mieux que la réglementation ne l'exige.}*

Un besoin en chauffage très réduit

Les maisons basse énergie ont un besoin de chauffage annuel inférieur à 70 kWh/(m^2a) rapporté à la surface habitable. La consommation de chauffage des maisons basse énergie est ainsi 30% inférieure à la "Wärmeschutzverordnung" de 1995 (réglementation thermique de 1995).





(2006: Comparaison des consommations en énergie primaire de quelques standards énergétique de construction. Les maisons EnEV (NDLT: équivalent allemand de la RT2005) consomment davantage que la colonne maison basse énergie ("Niedrigenergiehaus"). La colonne maison passive représente les valeurs mesurées dans la maison passive de Kranichstein à Darmstadt. Si l'on utilise des appareils ménagers efficaces en énergie, ces valeurs correspondent typiquement à celles d'une maison passive de la 3ème génération.}

Ainsi les maisons basse énergie peuvent être planifiées avec des méthodes fiables et construites de manière économique. Ce qui est déterminant, c'est une très bonne isolation, la suppression des ponts thermiques, l'étanchéité à l'air, des vitrages isolés et une ventilation contrôlée (FEIST 1996B). Pour le standard de maison basse énergie, on peut utiliser des VMC sortantes, plus simples et moins chères, bien que l'air neuf (froid) pénètre par les fissures dans les murs extérieurs.*{ 2006: Malheureusement on a construit ces dernières années beaucoup de bâtiments étanches à l'air sans prévoir de ventilation. Cela conduit inutilement à polluer l'air intérieur - le PHI a toujours conseillé dans la construction neuve ou les rénovations l'utilisation d'une ventilation.)*

Les maisons basse énergie comme standard

Comme tous les composants des maisons basse énergie sont uniquement des variantes de composants nécessaires dans toutes les constructions neuves, la maison basse énergie peut être construite sans grand effort. Les premiers projets ont été supportés par le ministère de l'environnement de la Hesse en 1986 déjà et se sont révélés être de vrais succès (FEIST 1988). Il en découla des programme de décveloppement initiés par d'autres Länder et des communes particulièrement engagées. Au milieu des années 90, le stadard est si bien développé que de bonnes maisons basse énergie peuvent être proposées au même voire à un prix un peu plus faible que des maisons plus "classiques" (RASCH 1995).

L'expérience avec les maisons basse énergie a été tout à fait positive: le standard est faicle à réaliser dans la pratique, les utilisateurs sont contents de leurs maisons et les faibles consommations sont régulièrement constatées (FEIST 1994, LOGA 1996).*{ 2006: dans [Feist 1997] les résultats de mesure ont été analysés de manière statistiqueet cette affirmation a été confirmée d'une manière hautement significative. Voir la page "les valeurs de consommation relevées"}*

Les innovations chez les architectes et les produits

Pour le développement à une large échelle du standard, il faut maintenant apporter une formation continue de haut niveau aux architectes, ingénieurs et artisans. *{ 2006: Cela est toujours vrai. Mais cela concerne davantage maintenant la construction des maisons passives}*. Mais une offre de produits innovants pour la construction (vitrages à faible valeur k *{ 2006: valeur U}*, des chassis de fenêtre isolés, des composants pour éliminer et réduire les ponts thermiques) permettront de faciliter le développement de ce standard.

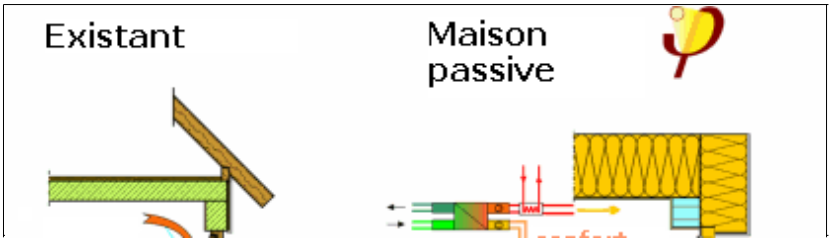
3. Le standard maison passive

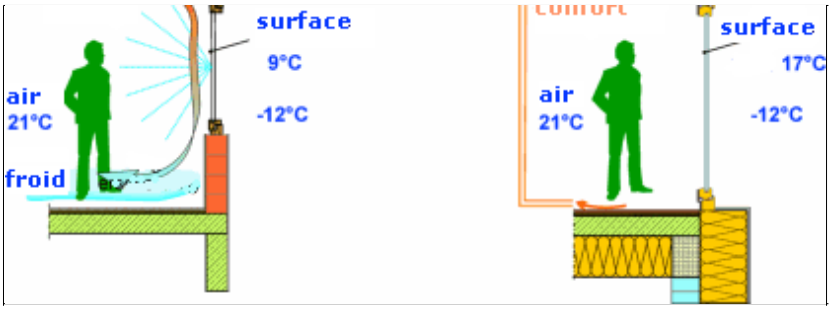
La suite logique de la maison basse énergie est la maison passive. La maison passive décrit un standard de construction, et non une méthode particulière de construction (FEIST 1989/1994).

Une maison passive est un bâtiment dans lequel le besoin de chauffage est si faible que sans perte de confort, on peut se passer d'un système séparé de chauffage. Cela est le cas en Allemagne pour un besoin de chauffage inférieur à 15 kWh/(m^2a) rapporté à la surface habitable. *{ 2006: cela est toujours valable.}*

Une maison sans chauffage

La suppression d'un système séparé de chauffage actif, permet de construire des maisons passives de manière économique. Ce qui a été déterminant, c'est de se rendre compte que le besoin en chauffage n'a pas besoin d'être nul pour qu'on puisse l'abandonner: il suffit que la charge de chaleur soit inférieure à 10 W/m^2. Ainsi, on peut fournir cette chaleur minimale sans surcoût en utilisant l'air entrant, lorsque cela rendu nécessaire. Il n'est ni nécessaire d'augmenter le débit d'air ni d'avoir un réchauffement de l'air supérieur à 30^{o}C *{2006: nous savons aujourd'hui que réchauffer l'air jusqu'à 50 °C n'est pas un problème; cela ne change rien aux principes, cela permet simplement de faciliter la conception et la réalisation.}*





{ Die Abb. vergleicht links den Altbau, rechts das Passivhaus}.

Ce saut qualitatif de la bonne maison basse énergie à la maison sans chauffage actif - c'est à dire à la maison passive - est réalisé lorsque le besoin résiduel en chaleur est inférieur à 15 kWh/(m^2a) *{ 2006: cela n'est vrai que de manière approchée, et uniquement pour des bâtiments d'habitation en Europe Centrale. Entre temps il y a bien d'autres bâtiments avec d'autres utilisations qui ont été construits "maison passive" - avec forcément d'autres valeurs. Il y a aussi des maisons passives dans d'autres régions climatiques, qui respectent la définition indépendante du climat exposée plus haut. (voir aussi la page "la définition").}*. Les premières maison passive construites montrent qu'une telle valeur est atteignable avec les composants connus et améliorés de la maison basse énergie: *{ 2006: cela est maintenant confirmé notamment avec la construction de milliers de maisons passives, voir par ex. la page "des exemples de maisons passives". Maintenant nous pouvons ajouter à la phase énoncée plus haut: "les maisons passives sont réalisables avec des méthodes éprouvées et cela d'une manière rentable: ce qui est déterminant, c'est vraiment une très bonne isolation, la suppression des ponts thermiques , l'étanchéité à l'air , des fenêtres triple vitrage placées dans des chassis isolés et une ventilation contrôlée avec récupération de la chaleur}* :

Les valeurs de l'expérience

- Une très bonne isolation (k-Werte inférieure à 0,15 W/(m^2K))
{ 2006: aujourd'hui nous conseillons des valeurs U encore meilleurs, de 0,1 à 0,13 W/(m²K) parce qu'elles s'atteignent facilement et d'une manière bon marché et qu'en fin de compte une bonne isolation a largement fait ses preuves.}

- La suppression des ponts thermiques
{ 2006: entre temps le principe de la construction sans ponts thermiques a été développé.}

- Une grande étanchéité à l'air (valeur n_{50} Werte inférieure à 0,6 h^{-1})
{ 2006: on en est toujours à cette valeur là. Bien que nous consiellons même une meilleure étanchéité, qui est atteinte régulièrement par des architectes d'expérience sans grand problème .}

- Des super fenêtres (Valeur k des fenêtres inférieure à 0,8 W/(m^2K))
{ 2006: on en est toujours là. Aujourd'hui on appelle ces fenêtres des "fenêtres chaudes" ou fenêtres maison passive. Bien sûr que des climats différents exigent d'autres régles.}

- Une ventilation à récupération de chaleur (inclus puits canadien et récupération de la chaleur latente)
{ 2006: le puits canadien est encore aujourd'hui très rarement réalisé. D'ailleurs avec les appareils à récupération extrêmement efficaces , on n'a plus vraiment besoin de puits canadien pour réchauffer l'air entrant.}

Une description détaillée des principes de conception des maisons passives se trouve dans la littérature (FEIST 1996A).*{ 2006: ce livre a entre temps été réédite. On peut aussi le trouver sur http://www.passiv.de/ .}*

4. Les expériences avec le bâtiment de recherche maison passive à Darmstadt

Le projet de maison passive a été défini en Mai 1988 à l'occasion d'un séjour de recherche de l'auteur à l'université de Lund, ensemble avec le professeur d'accueil, Bo Adamson (spécialité: construction des bâtiments). Pour préparer la construction de la première maison passive en Hesse, un groupe de travail scientifique a été créé, qui était dirigé par l'Institut Wohnen und Umwelt (IWU) et financé par le gouvernement de la province de Hesse. Le groupe de travail composé de 21 membres accompagna 8 projet recherche de préparation de la construction, dans lesquels les développements décisifs pour les composants innovants de la maison passive ont eu lieu. Ces projets de recherche sont désormais achevés. Leurs résultats ont servis à la construction de la première maison passive de Darmstadt-Kranichstein.

Les développement des composants

Une communauté de construction privée confia aux architectes Prof. Bott/Ridder/Westermeyer la conception

d'une maison de quatre familles avec des logements mitoyens, qui devaient remplir les critères de la maison passive. Pour la maison passive, on a continué à développer des composants dont les version précédentes avaient faits leurs preuves dans les maisons basse énergie. Ces composants sont en soit toujours valable pour les maisons basse énergie et permettent d'économiser l'énergie sur une large échelle. C'est seulement la combinaison de toutes ces mesures qui permet d'atteindre l'objectif ambitieux d'un besoin énergétique presque nul.

Le pont important dans la maison passive, c'est la conservation de la chaleur: l'isolation et la récupération de la chaleur sont les composants qui sont cruciaux si l'on veut atteindre l'objectif. En plus, on peut utiliser des collecteurs solaires pour l'eau chaude sanitaire ainsi qu'un puits canadien pour préchauffer l'air entrant (une réserve de chaleur annuelle extrêment bon marché).

Une bonne isolation

La maison est extrêmement bien isolée (voir le tableau ci-dessous). L'eau chaude sanitaire y est fournie par des collecteurs plats sous vide, le réchauffement de l'air à l'aide d'une petite chaudière au gaz. Le surcoût par rapport à une habitation standard a été pris en charge par le ministère de l'environnement de la Hesse à hauteur de 50%.

Moins de pollution causée par les matériaux de construction

Le bâtiment composé de quatre habitation mitoyennes a été livré en octobre 1991 et est depuis habité par quatre familles. Les matériaux de construction et d'isolation utilisés se prêtent bien à une utilisation à grande échelle dans la construction, principalement pour les maisons basse énergie. Les matériaux utilisés à l'interieur ont été choisis pour ne polluer qu'au minimum l'air intérieur. Les isolants sont (comme cela doit être le cas dans une bonne construction) séparés de manière étanche à l'air de l'intérieur (isolation des murs extérieurs par un enduit sans faille; isolation du toit par un pare vapeur en PE sans trous).

(2006: Vue de la maison passive de Darmstadt Kranichstein; Photo: Feist, 2006}

Pour assurer le renouvellement de l'air, une ventilation à récupération de chaleur par logement fonctionne de manière continue. Au minimum, c'est 100 m^3/h d'air neuf par logement qui est conduit dans les pièces de séjour et les chambres. Au maximum, c'est de 160 à 185 m^3/h. La sortie d'air de volume équivalent est extraite des pièces humides (cuisine, WC et salles de bains).

L'objectif du projet de recherche était principalement de vérifier dans quelle mesure la consomamtion d'énergie dans les bâtiments d'habitation pouvait être réduite par des mesures exclusivement passives.

Après dépouillement de quatre années de mesure (recueillies d'octobre 1991 à septembre 1995), la maison rempli complètement les attentes en terme d'efficacité énergétique. Comparé à la consommation moyenne des bâtiments d'habitation, la consommation d'énergie de chauffage mesurée avec 10 kWh/(m^2a) y est environ vingt fois inférieure.
{ 2006: L'expérience avec la maison de Da-Kranichstein est entre temps de plus de 15 années. La récupération de chaleur de l'air sortant et toutes les autres mesures passives fonctionnent toujours aussi bien. La consommation de chauffage y est toujours même les années les plus froides inférieure à 10 kWh/(m²a). Voir: Passivhaus Kranichstein}

Partie	Description	valeur k W/(m^2K)
Toit	Toit végétal: humus, rembourrage, film anti-racine, panneau de particules 50 mm sans formaldéhyde, poutre bois léger (poutre double T en bois, traverse en panneau dur), contre lattage, étanchéité à l'air en film polyethylène collé sans faille, placoplâtre 12,5 mm, papier à relief contenant des charges de copeaux de bois, peinture à dispersion, partie vide (445 mm) remplie de d'isolant minéral insufflé.	0,1
Mur extérieur	enduit extérieur minéral, renforcé d'un tissu; 275 mm mousse dure de polystyrol; 175 mm maçonnerie de brique silico-calcaire; 15 mm enduit intérieur sans faille; papier à relief contenant des charges de copeaux de bois, peinture à dispersion	0,14
Dalle	colmatage sur tissu; 250 mm plaque de mousse dure de polystyrol; 160 mm béton; 40 mm isolation phonique en Polystyrol; 50 mm plancher de ciment; 8-15 mm parquet petites lattes, collé; vitrification sans solvant	0,13
Fenêtre	Triple vitrage au krypton; valeur k 0,7 W/(m^2K). Chassis bois avec isolation des montants à l'aide de polyurethane (mousse CO_2, sans CFC) *{fait artisanalement}*	0,7

Tableau: caractéristiques de la construction de la maison passive Darmstadt Kranichstein

Consommation globale d'énergie baissée de 90%

En tout, la consommation d'énergie globale mesurée (électricité ménager, communs, gaz de cuisine, ventilation, ECS et chauffage) dans la maison passive était lors du premier cycle de mesure de 43,3 kWh/(m^2a), du second au quatrième, inférieure à 33 kWh/(m^2a) *{2006: on reste à cette valeur, aujourd'hui encore}* . En cela, la valeur cible de 30 kWh/(m^2a) n'a été dépassée que très légèrement. Comme cela était recherché par l'objectif, la consommation totale dans une maison passive est inférieure à la seule consomamtion d'électricité domestique dans un construction moyenne allemande (rapporté à la surface habitable)*{celle-ci est d'environ 36 kWh/(m²a) pour l'électricité}*. Ainsi la consommation de la maison passive est environ 90% inférieure à une maison unifamiliale comparable. Ce résultat est un succès particulier, d'autant plus que la maison est habitée de façon normale.

A première vue, il peut paraître surprenant que des valeurs de consommation aussi faibles puissent être possibles uniquement en applicant la méthode d'une isolation améliorée et en optimisant l'utilisation du dolaire passif. Ce qui est décisif cependant, est que ces qualités nécessaires de la construction et de la technique du bâtiment soient vraiment atteintes dans la pratique. Cela oblige a une certaine planification et à une réalisation extrêmement soignée.*{2006: avec le recul actuel, cela peut être doublement souligné.}*

Expériences

Les expériences faites avec le bâtiment de démonstration de Darmstadt peuvent être résumées de la manière suivante:

- Les techniques mises en oeuvre se sont révélées justes, notamment l'isolation extrême des murs, du toit et de la dalle, la triple vitrage et la ventilation à récupération de chaleur.

- Les quatre familles se sentent extrêmement bien dans la maison passive (Rohrmann 1994). La grosse surprise pour les habitants a été que la vie est tout à fait normale dans une maison passive.*{2006: entre temps il y a eu de nombreuses analyse systématiques qui ont été menées dans les lotissements de maison passive ou les immeubles passifs. Le confort thermique est estimé sensiblement meilleur que dans des maisons comparables..}*

- La bonne isolation thermique dans la maison passive est liée à:

  - une bonne isolation phonique ,

  - une bon climat intérieur l'été,

  - toujours suffisamment d'air neuf, ce qui donne un climat sain.

  - l'hiver des murs chauds, ce qui augmente le confort.

  - une suppression durable de la formation d'eau de condensation et donc de meilleures conditions d'hygiène ainsi qu'une meilleure protection du bâti.

{2006: cela est entre temps confirmé par des milliers de maisons passives.}

5. Des maisons passives économiques

L'étape suivante sera le développement et la construction de maisons passives économiques. Les maisons passives de la seconde génération doivent déjà être construites en 1996 avec le soutien du ministère de l'environnement de la Hesse. Pour ces maison on utilisera des produits préfabriqués
{2006: Ces maisons de la 2ème génération ont été réellement construites entre 1997 et 1999. Les résultats de mesure de ces projets existent, voir par ex. CEPHEUS}

Développement des produits du bâtiment

- des surfaces d'enveloppe grandement isolées et sans pont thermique de construction variée, mais généralement avec des valeurs k inférieures à 0,15 W/(m^{2}K):*{U-Werte}*

- des systèmes combinés isolants en briques isolantes,

- des panneaux de bois avec des poutres en T ultralégers,

- des élements préfabriquées en PU,

- des briques de Styropor pour recouvrir les coffrages en béton.

- des supervitrages avec encore moins de pertes thermiques, mais avec un niveau plus élevé de pénétration de l'énergie.

- des chassis de fenêtre en morceau de mousse PU renforcés et statiques avec des valeurs k inférieures à 0,7 W/(m^{2}K)

- des appareils compacts avec des récupérateurs de chaleur à flux inversés pour la ventilation, eau chaude sanitaire et un chauffage d'appoint plus simple et meilleur marché.

{ 2006: tous ces produits sont aujourd'hui disponibles - ainsi que de nombreux autres. On le trouve par ex. sur http://www.passiv.de/ , et choisir la catégorie "produits certifiés" ("zertifierte Produkte"). La maison passive a généré une vague d'innovation, principalement dans les petites et moyennes entreprises. Le process d'innovation continue. }

Un groupe de travail "maisons passives économiques" avec le support du ministère de l'environnement de la Hesse, du Stadtwerke Hannover AG et de la Preußen Elektra AG continue à faire avancer ces développements et accompagne la conception et la réalisation de maisons passives en quatre endroits (Hannovre, Geisenheim, Neukirchen und Naumburg).

{2006: ce groupe de travail a entre temps publié 33 tomes de protocoles. Il a traité systématiquement tous les thèmes brûlants du développement vers des bâtiments enégétiquement efficaces et clarifiés les thèmes critiquables. Pour plus d'info: http://www.passiv.de/ , et là choisir "groupe de travail maison passives économiques" ("Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser"). Beaucoup d'informations sont résumées et disponibles sur internet. Les tomes des protocoles sont disponibles par le biais du Passivhaus Institut.}

Des offres sur le marché

La possibilité de construire des maisons passives à grande échelle, s'ouvre en ce moment. Aujourd'hui déjà il y a des offres sur le marché, qui propose des maisons à basse énergie (besoin en chauffage < < 70 kWh/(m^2a)) au même prix que des habitations standards (VEBA Bauen&Wohnen, Rasch&Partner, Architekturbüro EFEM Hans Eek, Architekt Johannes Brucker/Stuttgart). Quelques unes de ces maisons se rapprochent fortement du standard maison passive; par ex. les conceptions du bureau Architektur für ökologischen Städtebau und energieeffiziente Planungen R. u. H. Rudolf (RUDOLF 1994) et les maisons mitoyennes de Rasch&Partner (RASCH 1995).

{2006 Tous ces concepteurs sont demeurés fidèles au standard maison passive. Entre temps, il y a des centaines de bureaux d'architecture, qui comprennent bien la construction passive. Pour plus de détails http://www.ig-passivhaus.de/ }

La maison passive peut devenir un standard

L'isolation renforcée nécessaire ne génére quelque soit la préfabrication choisie que peu, voire pas de coûts supplémentaires. Le surcoput provient de la nécessité d'une meilleure qualité de fenêtres. Pour les composants essentiels - vitrage et chassis - il existe entre temps des produits faits en usine de grand qualité, qui limitent le surcoût de la fenêtre à un montant acceptable. Ce qui reste indispensable, c'est la ventilation de grande efficacité avec récupération de chaleur et puits canadien.

{2006: Voir la page "rentibilité de l'isolation" - ce qui a surtout changé, ce sont les conditions générales, puisque l'énergie a atteint un prix limite. Le prix du pétrole, qui devient déterminant quand on construit aujourd'hui, on aurait pu le prévoir depuis longtemps. C'est pourtant toujours difficile, même aujourd'hui, d'envisager correctement les prix sur le long terme. Voir la page sur "le prix de l'énergie".}

Le point décisif maintenant est: est-ce que les améliorations de la technique de chaleur atteindra la standard maison passive, de manière à ce que les expériences faites permettent de se passer complètement d'un système séparé de chauffage. Les valeurs de la demande de chaleur restante sont durablement si faibles que la chaleur de manière totalement hygiénique, sans surpression ou des canalisations supplémentaires peut être vehiculée par la ventilation. L'économie d'un système de chauffage réduit considérablement les coûts, la ventilation en soit ne les augmente pas d'une manière conséquente. Globalement, une maison passive de cette qualité peut devenir dans un avenir proche aussi économique que la construction d'une maison conventionnelle: les surcoûts liés à la construction et à la ventilation peuvent être annulé par l'élimination du système de chauffage.

{2006: les composants sont aujourd'hui disponibles sur le marché. Il n'est pas judicieux de rester accroché à un standard qui consommerait davantage d'énergie - la maison passive est plus rentable.}

6. Les maisons à énergie nulle

La maison passive grâce à des mesures supplémentaires peut être transformée en une "maison à énergie nulle":

Une maison à énergie nulle est un bâtiment dont le besoin en énergie de chauffage dans une année moyenne, est par définition de zéro. Dans une telle maison, on ne peut avoir même au plus froid de l'hiver recourt à un chauffage d'appoint.

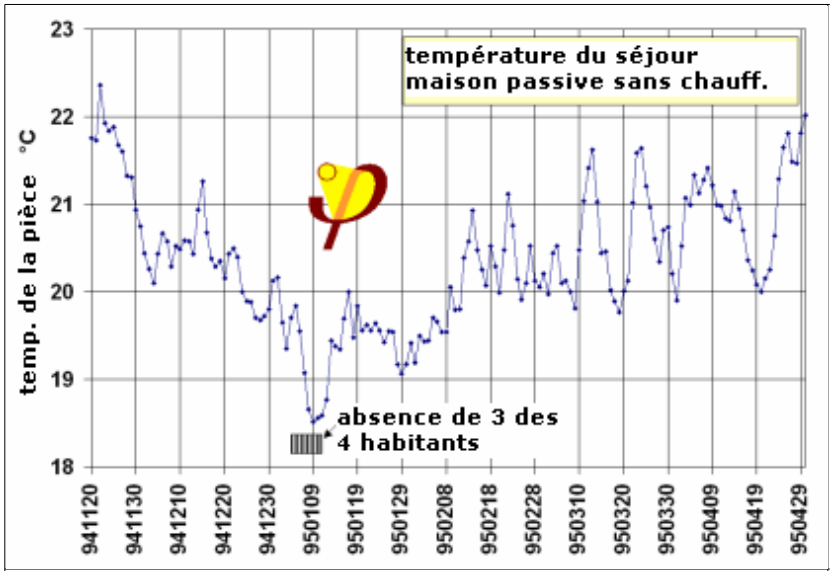
Des développements nettements plus complexes

Par expérience, la continuation de l'économie d'energie avec des standards de plus en plus stricts devient de plus en plus difficile. Par ex., il est assez facile de passer de la construction neuve conventionnelle (125 kWh/(m^2a)) au standard de maison basse énergie (70 kWh/(m^2a)). L'économie des 55 kWh/(m^2a) suivants pour atteindre la maison passive, est déjà plus ardue, est cependant possible avec des moyens habituels. Les 15 kWh/(m^2a) restants, nécessitent un travail qui est actuellement économiquement injustifiable: il n'y a plus d'investissements auxquels on peut renoncer, puisque le chauffage a déjà disparu de la maison passive. *{2006: Cela reste tout à fait d'actualité, malgré un prix de l'énergie nettement plus élevé.}*

Dans la maison passive de Darmstadt-Kranichstein on a pourtant pour la première fois démontré que la maison à énergie nulle avec un surcoût lié seul à des mesures passives était atteignable. Des volets isolés ont été montés en 1994 dans un des quatre logement et qui sont fermés la nuit et réduisent la valeur k de la fenêtre à moins de 0,3 W/(m^2K).

Montage des volets isolés en 1994
(Sur la photo, au milieu, Karl-Heinz Fingerling (†), le créateur de ces volets. Tout en haut à droite: Wolfgang Feist, auteur de ce document}

Pourtant le chauffage d'appoint n'a pas pu être complètement supprimé, malgré la réduction des pertes thermiques. La maison se chauffe toute seule par le biais de la chaleur solaire passive et des (faibles) sources internes de chaleur (FEIST 1995).



(Complètement sans chauffage, c'est aussi faisable en Allemagne avec encore plus d'isolation: techniquement c'est possible, comme les mesures de 1994/95 dans la maison passive transformée en maison énergie nulle de Kranichstein le prouvent. La dépense est pourtant aujourd'hui encore, en 2006, pour

un déploiement à grande échelle définitivement encore trop élevé; l'intérêt en lui-même est douteux.}

En poursuivant le développement des composants de la maison passive, il sera de plus en plus facile de construire des maisons énergie nulle. Ces développements peuvent se raccrocher sans problème au standard maison passive. Evidemment, on peut se poser la question si une réduction supplémentaire des 15 kWh/(m^2a) qui sont en eux-mêmes insignifiants à un zéro exact, peut encore avoir une justfication économique et écologique. *(2006: A cela il n'y a aujroud'hui rien de chagé. D'autant plus qu'une maison aura toujours besoin d'une connexion au réseau électrique, puisque personne ne veut vivre sans réfrigérateur, ni machine à laver ni Internet (!).}*

7. Maisons autarcique en énergie - maisons énergie nulle complète

La question économique se présente d'une manière encore plus tranchante pour le standard le plus strict présenté ici, pour la maison autarcique en énergie.

L'énergie restante provient de sources alternatives

Une maison autarcique en énergie n'a besoin d'aucune livraison d'énergie qui vienne d'au-delà du terrain, à part les flux d'énergie naturelle (rayonnemant solaire, vent, eau souterraine,...).

L'autarcie énergétique ne concerne plus donc uniquement le chauffage, mais toutes les dépenses énergétique du bâtiment: l'eau chaude sanitaire, la ventilation, la consomamtion d'électricité pour les appareils ménagers doit être strictement réalisée en autarcie. Il n'y a pas de connexion au réseau ni de livraison de combustible. Qu'un pareil bâtiment soit aujourd'hui possible a été prouvé par la réalisation de la maison solaire autarcique du Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme à Freiburg (STAHL, VOSS 1992). Cette maison produit l'eau chaude sanitaire à partir de collecteurs solaires, le courant à partir de panneaux photovoltaïque, l'hiver à partir d'une pile à combustible, qui brûle de l'hydrogène produit l'été et stocké sur le terrain.

(Comme Illustration une ilage de cette maison:

Maison solaire autarcique de l'ISE à Freiburg.}

Est-ce que la facture coût - utilisation est correcte ?

Même si, comme le montre l'exemple, on sait construire des maisons autarciques en énergie, il faut douter qu'elle soient une solution pratique, tout du moins dans un avenir prévisible. Quel que soit le type d'alimentation renouvelable d'un terrain choisie, elle implique forcément un surdimensionnement de la récupération d'énergie et un stockage saisonnier de l'énergie. Tous les deux sont non seulement douteux d'un point de vue économique mais aussi écologique, puisque pour tout système supplémentaire d'abord un investissement non négligeable est nécessaire. Cela est valable tant qu'un bâtiment n'est pas relié à un réseau (par ex. d'électricité). Le réseau a l'avantage de pouvoir s'occuper de tas de tâches sans problème et d'une manière économique, qui ne sont possible dans le cas de l'autarcie sur le terrain qu'avec un surcoût injustifiable.

- le réseau équilibre les fluctuations de la demande énergétique grâce à une distribution statistique entre les utilisateurs;

- le réseau peut accepter une suroffre et la transférer à d'autres utilisateurs dotés de stockage ou de cycles répétés.;

- sur le réseau, les énergies nouvelles peuvent être produites avec des unités de tailles sensées (par ex. 1 MW éolien, cogénération biomasse);

- le stockage annuel est - si jamais il devait avoir un sens - plus économique dans des grosses uniéts plutôt que des petites pour maisons individuelles.

Il semble donc que même à l'avenir, cela soit plus intéressant de ne pas avoir de maisons autarciques, mais au contraire des maisons connectées au réseau, de manière à ce que les surproductions soient absorbées par le réseau.
(2006: c'est plus vrai que jamais, d'autant plus qu'il y a de plus en plus d'électricité renouvelable qui alimente le réseau. Cette tendance va s'intensifier à l'avenir. On n'a donc quasiement pas construit de maison autarcique, en revanche des maisons "à énergie positive", c'est à dire qui produisent de l'énergie sur le terrain et (par ex. du photovoltaïque) et qui le vende au réseau - tout en prenant du courant sur le réseau de temps en temps - sur l'année, alimentant davantage que consommant.}

Le couplage a du sens

Il reste à constater qu'avec le standard de maison passive, on atteint des valeurs si faible de consommation qu'une alimentation à base d'énergie renouvelable devient techniquement possible (couplée au réseau) et économiquement pas complètement inacceptable.

(2006: Cela a été entre temps démontré à de nombreuses reprises. Le lotissement maison passive à Hannovre sur le Kronsberg a acheté des parts d'un parc éolien pour 2500 € par maison. Ainsi la consommation totale des maisons est compensée par une production d'énergie renouvelable (évidemment seulement en moyenne annuelle). L'accompagnement par la mesure a pourvé que le lotissement est bien neutre pour le climat.}

La condition préalable pour une alimentation au biais des énergies renouvelables est une très grande efficacité énergétique. Puisque celle-ci concernant la consommation d'électricité est dans le cas des maisons passives toujours améliorable, les chances des énergies renouvelables croissent constamment. Si dans une maison passive à la fin, on ne consomme plus que 2000 kWh d'électricité dans l'année, le coût de l'énergie pour un foyer serait encore économiqument acceptable si le solaire photovoltaïque coûtait 1 DM/kWh.

(2006: et ceci est entre temps un objectif parfaitement atteignable. Les maisons à énergie positive vont dans cette voie.}

8. Résumé et corollaires

Les maisons à basse énergie seront bientôt le standard des maisons neuves en Allemagne. Pour leur déploiement à grande échelle, cela ne dépend plus que d'une formation des corps de métiers. La maison passive est une maison basse énergie extrême, qui grâce à une très bonne isolation réussit à dépasser la barrière sous laquelle on n'a plus besoin de système de chauffage séparé (15 kWh/(m^2a)). Les maisons passives représenteront dans quelques années une part croissante des constructions neuves.

(2006: cela s'est vérifié.}

Les maisons à énergie nulle représentent face aux maisons passives une dépense de construction nettement supérieure, qui n'est pas compensée de manière conséquente par un dégrèvement de la pression sur l'environnement. A l'avenir, ce surcoût pourrait être compensé par des avancés techniques, notamment dans les fenêtres. Les maisons autarciques en énergie n'auront pas à l'avenir d'avantage environnemental notable, en comparaison des concepts qui s'alimentent en énergie par le biais du réseau et qui fournissent au réseau les énergies renouvelables qu'ils produisent eux-mêmes. Les chances des énergies renouvelables augmentent d'autant que l'efficacité des systèmes et des bâtiment augmente aussi

Litérature

ELMROTH, A.; LEVIN, P.: Air Infiltration Control in Housing - A Guide to International Practice; Swedish Council for Building Research, Stockholm D2:1983

FEIST, Wolfgang: Forschungs- und Demonstrationsgebäude Niedrigenergiehaus Schrecksbach; Institut Wohnen und Umwelt, 1988

FEIST, Wolfgang: Forschungsprojekt Passive Häuser; Institut Wohnen und Umwelt,1. Auflage 1989, 2. Auflage 1994

FEIST, Wolfgang; WERNER, Johannes: Gesamtenergiekennwert < 32 kWh/(m^2a); Baubl, Februar 1994,

S.106-11O

FEIST, Wolfgang: Erfahrungen mit Häusern ohne aktives Heizsystem; in: IBK, Jubiläumstagung 200, "Stahlbeton" ohne Stahl? Wärmedämmung "statt" Heizung?; Darmstadt 1995

FEIST, Wolfgang: Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern; Verlag Das Beispiel, Darmstadt,1996a

FEIST, Wolfgang (Hg.): Das Niedrigenergiehaus; Karlsruhe, 4. Auflage 1996b

[Feist 1997] FEIST, Wolfgang: Messergebnisse zur Nutzerstreuung des Energieverbrauchs bei ausgewählten Bauprojekten; in: Protokollband Nr. 9 des Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Darmstadt, PHI, 1. Auflage, November 1997

FINGERLING, Anne: Eine neue Fenstergeneration; glas+rahmen 18/1995, S. 970-972

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, Energie und Bundesangelegenheiten; Institut Wohnen und Umwelt: Passivhaus Darmstadt Kranichstein; Dokumentation, Wiesbaden, 1. Auflage 2/91; 3. Auflage 10/93

HÖRSTER, H. (Hg.): Wege zum energiesparenden Wohnhaus, Hamburg 1980

KORSGAARD, V.; BYBERG, M.R.; ESBENSEN, T.V.; BILDE, K.; HARBOE, K.P.; HELWEG-LARSEN, K.; NYGAARD, I.; KJERULF-JENSEN, P.: DTH-Nul-Energihus; Danmarks Tekniske HOjskole 1976

LOGA, Tobias: BHKW für Niedrigenergiehäuser - das Beispiel Niedernhausen; Institut Wohnen und Umwelt, 1996

RASCH & PARTNER: Ökologischer "Weitblick" am Rheinhöhenweg; Rasch & Partner, Steubenplatz 12, Darmstadt, 1995

ROHRMANN, Bernd: Sozialwissenschaftliche Evaluation des Passivhauses in Darmstadt; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1994

RUDOLF, H.; RUDOLF, R.: Haus ohne Heizung. Deutsche Bauzeitung (db) 128 (1994) Nr.12, S. 122-126

SHURCLIFF, William A.: Super Insulated Houses and Double Envelope Houses; Andover, Massachusetts,1981

STAHL, Wilhelm; VOSS, Karlo: Das Energieautarke Solarhaus; Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg 1992

(actualisé le 08.09.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)

Zu den Seiten der aktuellen Passivhaustagung

La rénovation de l'ancien: Une grande efficacité énergétique, c'est mieux

aufbereitet vom Passivhaus Institut.

Les habitations rénovées disposent généralement d'une distribution de chaleur qui fonctionne et il n'y a donc pas de raisons de ne pas continuer à utiliser le système. Au contraire: si la rénovation diminue les besoins en chaleur, les performances réclamées au système se réduisent d'autant. Alors, on peut installer des systèmes à haute efficacité, comme certaines chaudières ou les pompes à chaleur. Une bonne technique de chauffe et une bonne isolation se complètent.

Ancien - Avant rénovation

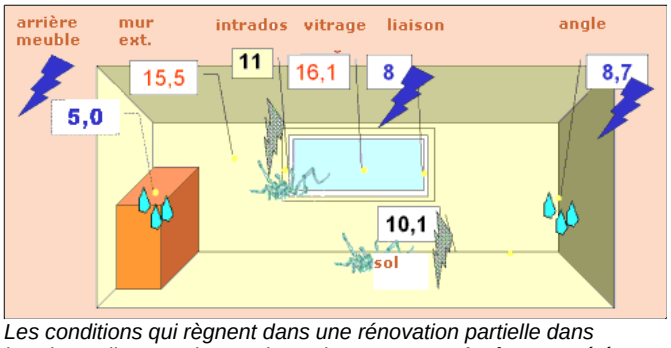
Bâtiment Jean-Paul-Platz 4 de la WBG Nuremberg

Bâtiment rénové - avec des composants maison passive

La rénovation a consisté en une très bonne isolation de toutes les surfaces extérieures, des fenêtres et d'une récupération de chaleur
La conception est de Dr. Burkhard Schulze Darup.

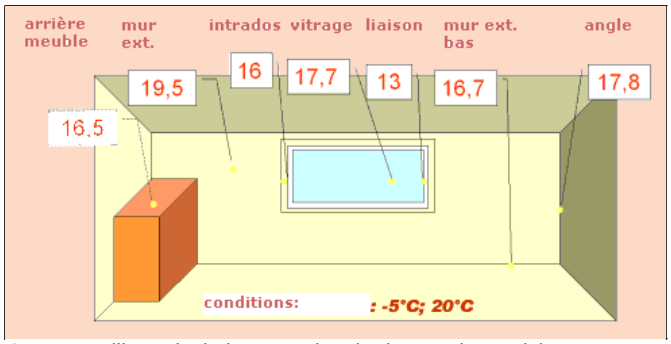
Les résultats de la recherche montrent que les problèmes des ponts thermiques diminuent avec une épaisseur d'isolant plus grande de l'enveloppe thermique extérieure. Avec une très grande protection thermique extérieure, il n'y a plus de problèmes d'humidité liés à la condensation. Les deux graphiques suivants illustrent cela en prenant l'exemple d'une pièce au rez de chaussée. Même lorsqu'un meuble est situé dans le coin extérieur, les problèmes d'humidité peuvent être éliminés, à condition bien évidemment que l'isolation soit renforcée. Les détails là dessus et sur les projets de rénovation, vous les trouverez dans le tome de protocoles "rénovation de l'ancien" ("Altbaumodernisierung" [AkkP 24]).

Ancien - Situation sur la façade sans renovation



Les conditions qui règnent dans une rénovation partielle dans l'ancien, telle qu'on les pratique si souvent. Les fenêtres ont été changées, mais on n'a pas rajouté d'isolation, notamment sur le mur extérieur. L'hiver (dehors –5°C; dedans 20°C) il en résulte des temperatures de surface dans les zones critiques de l'habitation qui sont inférieures à 9°C: derrière un meuble dans un coin donnant sur l'extérieur, on peut même descendre sous 5°C. A ces températures là, l'air ne peut contenir que très peu d'eau. Du coup, l'humidité relative augmente considérablement, ce qui est une condition extrêmement favorable à la formation de moisissure.
Dans l'ancien non isolé, les dommages dûs aux moisissure sont préprogrammés.

Ancien rénové - avec une bonne isolation extérieure (200 mm)



Qu'une meilleure isolation supprime le danger des moisissure n'est pas un accident et n'est pas limité à l'exemple présenté ici. L'isolation augmente les températures en surface, la conduction de la chaleur, fait que cela est aussi vrai dans les zones les plus critiques. Les analyses systématiques montrent qu'une isolation supplémentaire de bon niveau augmente les températures de telle sorte que l'humidité relative est partout largement inférieure à 80% et que du coup ***on ne rencontre plus de problèmes avec les moisissure****. Quelle: [AkkP 24]*

Photo de chantier: réalisation d'une isolation de 200 mm d'épaisseur. A chaque fois au-dessus des fenêtres, il y a une bande d'isolant en laine minérale ininflammable. (Photo: Schulze-Darup)

Photo de chantier: Le rejointoyage sur l'ancien enduit est bien visible, tout comme l'isolation particulièrement bien travaillée sous l'appui de fenêtre. (Photo: Schulze-Darup)

Contrairement aux préjugés largement répandus, il est sensé particulièrement dans le cas de la rénovation dans l'existant de viser une grande **étanchéité à l'air**. Dans les fissures incontrôlées, existe sinon un grand danger de condensation de l'humidité contenue dans l'air chaud sortant. Les principes de conception de la construction neuve se laissent facilement appliquer dans la rénovation. Dans les réovations réalisées, l'étanchéité à l'air s'est révélée etonnamment bonne. En même temps nous devons mettre en garde de l'importance que prend alors la ventilation contrôlée du logement: **"Celui qui construit étanche, doit aussi réaliser une ventilation suffisante."**

Ancien - souvent extrêmement perméable

Vielle fenêtre en bois; Toit en poutre de bois; Plafond de cave .

Dans cette construction ancienne, on a mesuré une "étanchéité" à l'air de 4,9 h^{-1}. Est-ce qu'on peut vraiment améliorer une construction aussi perméable pour en faire un bâtiment aux qualités proches de celle d'une construction neuve ? (Pour plus d'information, avec toutes les astuces et les points essentiels: litérature [AkkP 24].)

Ancien rénové avec une bonne étanchéité à l'air

manchette d'étanchéité, collée sur la fenêtre, ensuite elle sera recouverte d'enduit
rejointoyage (extérieur)
film posé sur le sol existant. ATTENTION: l'isolation est posée au dessus !

***On peut !** Le niveau étanche à l'air sera formé par un nouvel enduit qui recouvrera l'ancien (photo du milieu: en bas on voit l'isolation extérieure qui est en train d'être posée), Le plafond de l'étage srea rendu étanche par le dessus grâce à un film (photo de droite; **important: l'isolation sera placée au dessus du film à l'étape suivante**). [1]) L'étanchéité après rénovation est de 0,35 h^{-1}.*

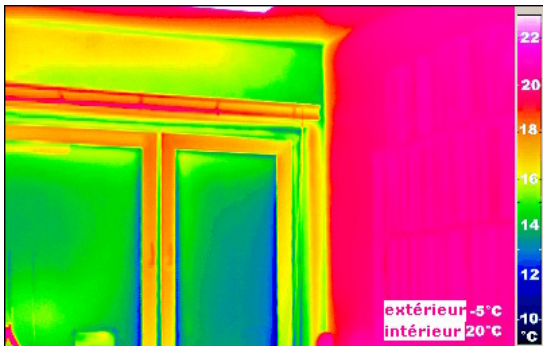
Après une rénovation sérieuse de l'isolation, ce sont les fenêtres qui restent souvent le aillon faible. Il est demontré cependant que si le montage des fenêtres se fait selon les régles edictées pour la maison passive, un haut degré de confort et une élimination de l'eau de condensation peut être atteint. L'utilisation des fenêtres maison passive s'est montré très efficace dans de nombreux projets de démonstration.

Ancien - des fenêtres vieilles, mal isolées et perméables

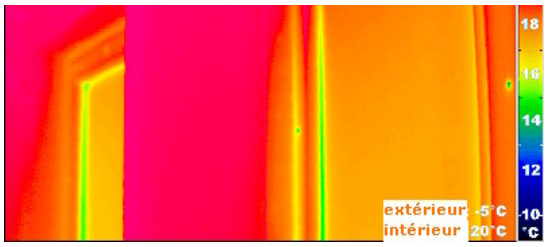
Une fenêtre en bois, perméable et très mal isolée - une rénovation est plus que nécessaire.

Des fenêtres maison passive - le meilleur choix pour la rénovation

Et la fenêtre est déjà posée: une fenêtre maison passive avec un triple vitrage, un montage et un chassis très isolé. Cette fenêtre garantit pour les 50 prochaines années une qualité excellente.



Les surfaces intérieures sont froides avec cette ancienne fenêtre (ici entre 12 et 14°C) , ce qui entraîne des descentes d'air froid, des courants d'air et une sensation de froid. (Thermographie: Feist, dans le bureau)



Des fenêtres maison passive ont en revanche une haute température des surface intérieures: autant pour le vitrage (ici: 17°C) que pour le chassis. Dans la pièce, le confort règne. (Thermographie: Feist, dans la maison passive de Kranichstein)

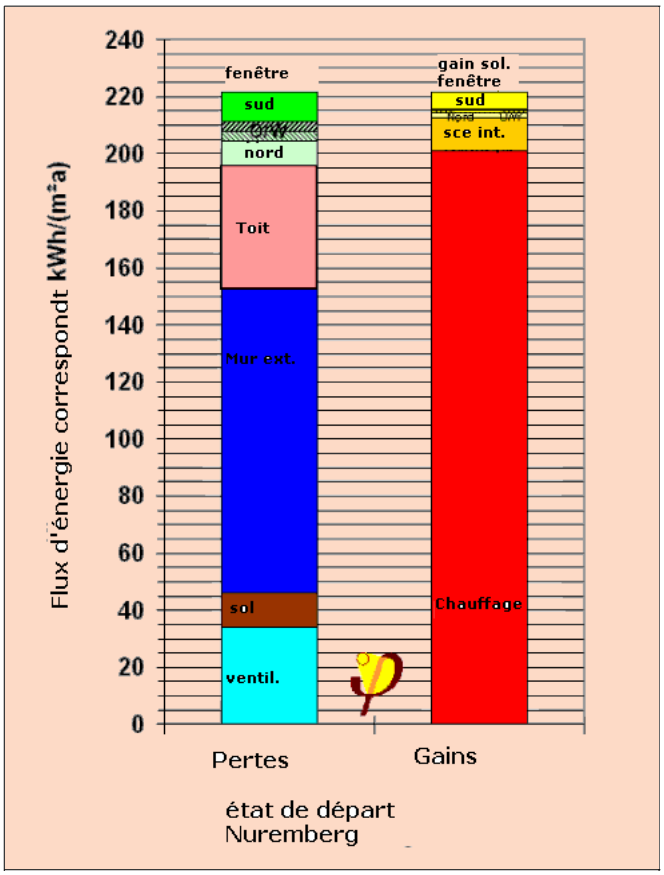
Assurer un renouvellement de l'air suffisant est justement dans l'ancien une tâche essentielle. Le conseil habituel "d'ouvrir en grand deux fois par jour" ne suffit *pas* pour éliminer l'air vicié. Si l'étanchéité à l'air de l'enveloppe doit être augmentée, assurer la ventilation nécessaire des pièces devient une partie indispensable d'une rénovation responsable. Cela concerne encore plus la rénovation de l'ancien que la construction neuve. L'exigence suivante est à respecter par la ventilation des pièces d'après les expériences accumulées: **Le renouvellement d'air doit pouvoir être efficace de manière durable.**

La tâche centrale est l'élimination de l'humidité de la cuisine, des salles de bain et des WC. Dans toutes les pièces humides, il est nécessaire d'installer une évacuation de l'air. Le volume d'air insufflé ne doit pas être trop important, sinon on peut avoir à faire face à aux critiques que l'air
est "trop sec". Des informations sur une ventilation moderne lors de rénovations, vous les trouverez ici: [AkkP 30].

Ce qui est particulièrement frappant dans les bilans thermiques dans l'ancien, ce sont les pertes à travers les murs extérieurs (voir la partie du bilan dans le graphique suivant sur la gauche). Il est donc important de réaliser une amélioration de l'isolation, et pas simplement pour des raisons de construction, mais aussi pour des raisons économiques. L'opinion que l'on entend souvent, qu'il faudrait soustraire les murs extérieurs de la rénovation thermique est donc parfaitement infondée. C'est justement les murs extérieurs qui doivent être mieux isolés, et cela ne fût-ce que pour une simple raison d'hygiène (voir le chapitre plus haut sur l'élimination de la moisissure grâce à une bonne isolation).

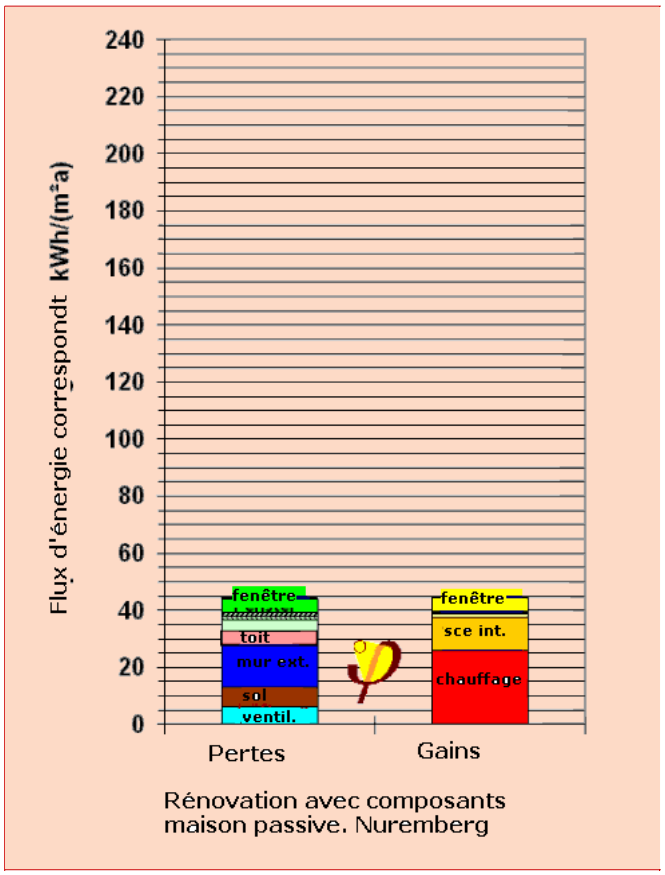
Lors des projets de démonstration de Nuremberg et de Ludwigshafen, le besoin en chaleur a été réduit à moins de 30 kWh/(m²a). L'ancien est ainsi amélioré d'un facteur 8 environ. De telles améliorations étaient jusqu'à une date récente, même dans la profession du bâtiment considérées comme tout à fait irréalistes. Les résultats de mesure protocolés dans [AkkP 24] et concernant les objets de démonstration, montrent que la réalité est encore meilleure que les valeurs calculées.

Bilan énergétique de l'ancien (avant) [2]



Ce qui est frappant, c'est la forte perte thermique à travers les murs extérieurs (bleu) ainsi que par le plafond supérieur (rouge clair). Les

Bilan énergétique après la rénovation réussie [2]

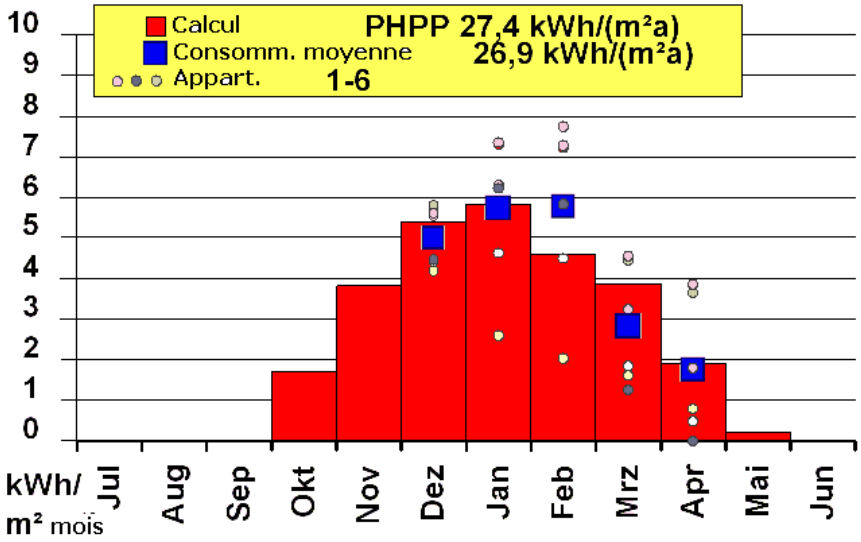


Nous avons gardé la même échelle pour le bilan de la maison rénovée. Grâce à une bonne isolation thermique, les pertes ont été

gains solaires ne jouequasiement aucun rôle, parce que les pertes sont si importantes et celles-ci doivent être principalement compensées par le chauffage (rouge). Le besoin en chaleur correspond à environ 200 kWh/(m²a) avant la rénovation (maison 20-litres).

réduites à des valeurs très faibles. Les apports solaires et les sources internes de chaleur ne changent pas beaucoup, mais elles permettent désormais de couvrir presque la moitié des pertes. Du coup le besoin de chaluffage après la rénovation devient très faible: Calculé, cela donne 27,4 kWh/(m²a) (maison 2,7-litres). L'économie est de 87%.

Parce que la rénovation exemplaire décrite ici du bâtiment Jean-Paul-Platz 4 à Nuremberg a réellement été réalisée selon les critères de qualité présentés, les résultats de consommation d'énergie "après" peuvent même être comparés aux valeurs calculés. La consommation de chaleur "après" était vraiment de 26,9 kWh/(m²a) mesurés la première année. Les calculs ont été complètement validés sur ce projet. Ici, la comparaison des calculs et des mesures:



Les valeurs de consommation mesurées, illustrées dans ce graphique ont été réalisées par l'institut munichois FIW. Les résultats de mesure valables pour l'ensemble du bâtiment sont représentés par des carrés bleus. En ajoutant les valeurs mensuelles les unes aux autres, cela donne la première année suivant la rénovation une consomamtion de **26,9 kWh/(m²a)**, la seconde année, ce n'était plus que 24 kWh/(m²a). *La consommation relevée est donc plus faible que la valeur calculée par le biais du calcul* (PHPP, les colonnes rouges). La consomamtion d'énergie de ce bâtiment a donc été réduite par la rénovation d'un facteur 8: la consommation restante est extrêmemment faible, elle représente à peine 12% de la valeur initiale. On remarque aussi dans le graphique que les valeurs individuelles correspondant aux différentes habitations sont assez différentes: la première cause en est les différences de température pratiquées dans les pièces, mais aussi la fréquence des l'ouverture des fenêtres pratiquée par les locataires. Que cela est le cas dans certains logements, peut-être visualisé sur la page "isolation ou inertie thermique?". Que la consommation est certes dans ces logements là un peu plus élévée que la moyenne, mais pas excessivement élevée, cela est aussi montré par le graphique. La consomamtion individuelle la plus élevée est d'environ 40 kWh/(m²a), ce qui est toujours plus de 80% moins que la consomamtion dans le bâtiment avant la rénovation. Une discussion sur le sujet de l'ouverture des fenêtres, vous la trouverz sur la page: "est-ce qu'on peut ouvrir les fenêtres dans une maison passive ?".

Entre temps, il existe de nombreux autres exemples de rénovation réussie avec des composants de la maison passive. Entre autre, l'exemple suivant de la rénovation en maison passive de la GAG à Ludwigshafen (maison passive dans l'existant).

Ancien- Exemple Ludwigshafen avant la rénovation

Une rénovation maisons passive Exemple Ludwigshafen, GAG

Résumé

Les composants maison passive sont comme le montre les exemples précédents aussi adaptés à la rénovation du parc existant. Ces mesures offrent notamment une garantie élevée contre les dommages dûs à l'humidité, améliore le confort thermique grâce à une température élevé des surfaces et double le potentiel énergétique récupérable.

L'attrait d'une rénovation de qualité augmente avec l'efficacité des composants utilisés, puisque la qualité de vie des habitants augmente notablement.

D'un autre côté, les mesures de rénovation de l'existant sont un moteur non négligeable pour la conjoncture. Les mesures présentées correspondent aussi à des économies de CO_2 considérables: la réduction de CO_2 réalisée dans la rénovation présentée correspond à plus de 75%. L'amélioration de l'efficacité a lieu dans un secteur ou la réduction de la consommation permet une utilisation multipliée et sensée des énergies renouvelables. Avec ce genre de réalisations, on peut encore espérer que le changement climatique ne conduise pas à des conséquences catastrophiques.

Remarques

[1]) Les principe est: dans les constructions, l'étanchéité doit être réalisée du côté chaud (du côté "pièceé par rapport à l'isolation). La construction ne doit en aucun cas être étanche du côté froid. Ces règles ont été respectée dans l'exemple: dans la Litérature [AkkP 24] on trouve des document détaillés à ce sujet.

[2]) Les bilans énergétiques sont calculés avec le "Passivhaus Projektierungs Paket" (PHPP). Cet outil de travail permet aussi dans le cas de l'ancien un bilan "solide" et l'optimisation des mesures.

Litérature

[AkkP 24] **Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung**; Protokollband Nr. 24 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 2004 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

[AkkP 30] **Lüftung bei Bestandssanierung: Lösungsvarianten**; 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 2004 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

[AkkP 32] **Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhaus-Komponenten + Innendämmung**; 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 2004 (Link zur Publikationsliste, PDF, 200kB)

(actualisé le 03.11.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)